



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

경제학 석사학위 논문

신기술의 사회경제적 영향에 관한 문헌분석

- 3D 프린팅 기술 사례를 중심으로 -

2017 년 8 월

서울대학교 대학원

협동과정 기술경영경제정책전공

한 별 이

신기술의 사회경제적 영향에 관한 문헌분석

:3D 프린팅 기술 사례를 중심으로

지도교수 김연배

이 논문을 경제학석사학위 논문으로 제출함

2017 년 8 월

서울대학교 대학원
협동과정 기술경영경제정책전공
한 별 이

한별이의 경제학석사학위 논문을 인준함

2017 년 8 월

위 원 장 _____ (인)

부위원장 _____ (인)

위 원 _____ (인)

초 록

과학기술 선도국가로의 도약을 준비하는 한국 사회에는 기술 수준의 향상 못지 않게 신기술이 제공하는 여러 가능성 가운데 어떤 것을 수용하고 더욱 발전시켜 나갈 것인가에 관한 논의를 통해 기술의 잠재력을 최대한 발현시키는 것이 중요하다. 본 연구는 신기술의 사회경제적 영향에 관한 국내 문헌을 종합 분석하고, 해외 문헌과 비교해봄으로써 현재 국내의 논의 수준은 어떠한지, 개선해 나가야 할 부분은 어떤 것이 있는지를 살펴보는 것을 목적으로 한다. 이를 위해 높은 수준의 파급효과가 예상되는 신기술로 인정 받아 2013년 공식 기술영향평가가 시행된 바 있고, 제조업 전반에 적용 가능한 특성 때문에 개별 기업의 수익 구조 변화에서부터 국가 간 산업 경쟁력 재편에 이르기까지 경제성장과 밀접한 연관을 가진 주제들에 관해 많은 논의가 이루어진 3D 프린팅 기술을 분석 사례로 선정하였다. 수집한 문헌을 성격에 따라 학술 논문과 민간 및 공공부문 보고서로 분류하고, 예측방법과 논의주제 두 가지 측면에서 국내외 사례를 비교, 분석했다. 분석 결과 신기술의 사회경제적 영향에 관한 국내 논의는 공공부문의 주도 아래 기술 예측 방법론 측면에서 발전하는 모습을 보이고 있었다. 그러나 공공부문의 관심 주제는 기존 산업에 미치는 영향에 치중한 모습을 보이고 있었는데, 이러한 차이를 설명하는 요인으로 연구 주체의 특성, 기술 이해 방식, 사회적 조건을 제시했다. 학술 논문의 경우 해외 문헌은 새로운 방법론과 분석 주제 확장에 기여하는 바가 큰 것과 달리 국내의 연구 기반은 매우 제한적인 것으로 나타나 향후 발전가능성이

가장 큰 부문으로 평가했다. 국내 민간 보고서 역시 현재는 논의 초기 이슈를 소개하는 역할에 그치고 있지만, 해외 문헌에서 큰 관심을 받고 있는 산업계의 구체적인 전략을 마련하는 비즈니스 측면을 강조하는 연구로 범위를 확대할 필요가 있음이 제기되었다

주요어: 신기술의 사회경제적 영향, 기술 예측방법, 논의주제 분석, 기술영향 평가

학 번: 2015-21200

목 차

초 목	iii
목 차	v
표 목차	vii
그림 목차	vii
1. 서론	1
2. 연구대상 기술 - 3D 프린팅	4
3. 방법론	6
3.1 분석대상 문헌수집	6
3.2 문헌 분석틀(FRAMEWORK)	10
3.3 선행 연구	14
4. 분석 결과	16
4.1 예측방법론에 따른 분석	16
4.1.1 양적 분석	18
4.1.2 탐색적 시나리오	22
4.1.3 기술 시나리오	25
4.1.4 역사적 유추	28
4.1.5 전문가 의견	30
4.1.6 비전	31
4.1.7 소결	33

4.2	논의주제에 따른 분석	35
4.2.1	경제	37
4.2.2	문화	40
4.2.3	환경과 사회	44
4.2.4	소결	46
5.	결론	50
	참 고 문 헌	53
	Abstract	59

표 목차

[표 1] 분석 대상 국내 문헌	8
[표 2] 분석 대상 해외 문헌	9
[표 3] 예측 방법론 분류 체계	17
[표 4] 예측 방법론에 따른 분류 결과	18
[표 5] 논의주제 분류표	36
[표 6] 기술 이해 방식에 따른 관심 주제의 차이	49

그림 목차

[그림 1] 문헌 분석틀 요약	14
[그림 2] 학술논문의 예측방법론 분포 비교	34
[그림 3] 민간보고서의 예측방법론 분포 비교	34
[그림 4] 경제분야 주제 분포 비교(학술 부문)	39
[그림 5] 경제분야 주제 분포 비교(민간 부문)	39

1. 서론

한국의 압축 경제성장을 견인해 온 성공전략은 선진국의 기술을 모방하여 낮은 비용으로 제품을 생산하는 빠른 추격이었다. 그러나 선진국과 기술격차가 줄어들고 후발국이 보다 경쟁력 있는 기술을 갖추게 됨으로써 한국은 추격자를 벗어나 선도국가로의 변화를 요구 받고 있다. 선도국가와 추격국가의 차이는 무엇일까? 기술 수준의 차이로만 생각하기 쉽지만 그 이면에는 신기술의 사회·경제적 영향에 대해 사전에 논의하고 미래를 준비하려는 사회적 분위기의 성숙도에 대한 차이가 존재한다. 선도국가에게는 반면교사로 삼을 선행사례가 존재하지 않으므로 수 많은 사회적 논의와 때로는 갈등을 겪으면서 기술 발전 궤적이 형성되지만 추격국가는 이미 형성된 기술 궤적을 유일한 것처럼 받아들이게 된다.

한국은 선도형 성장으로의 전환을 추구하며 연구개발에 많은 자원을 투자하고 있으나 성과 지표는 개선되지 않고 있다. 그 원인 중 하나로 선진국가의 내적 역량에 해당하는 신기술의 사회경제적 영향에 대한 논의 수준의 부족을 꼽을 수 있다. 선진국에서 입증된 기술을 빠르게 수용하며 발전해온 과거 경험에서 형성된 추격국가의 프레임이 아직도 강력한 힘을 발휘하고 있어 신기술의 발전이 품고 있는 여러 가능성 가운데 어떤 것에 주목하여 더욱 발전시켜나가고, 기존 시스템을 어떻게 변화시켜 대응해 나가야 할 것인가에 대한 논의가 활발하지 못하다(송위진 외, 2006). 기술수준이 하드웨어라면 기술에 대한 사회적 논의는 소프트웨어에 비유될 수 있고, 국내 기업들이 뛰어난 하드웨어에 비해 소프트웨어 기반이 약하다는 것이 단골로 지적되는 것처럼 한

국 사회 역시 소프트웨어에 해당하는, 새로운 기술로 어떤 사회를 만들어 나갈 것인가에 대한 고민이 부족하다는 것이다. 남들이 하니까 우리도 서둘러야 한다는 식의 접근은 기대되는 긍정적 효과를 축소시킬 뿐 아니라 예상치 못한 부작용을 나을 수도 있다. 따라서 과학기술에 대한 사회적 논의를 활성화시키는 것은 선도국가로 발돋움하는 데 결정적인 요인이 될 수 있다.

본 연구는 신기술의 사회경제적 영향에 관한 국내 문헌을 종합 분석하고, 해외 문헌과 비교해봄으로써 현재 국내의 논의 수준은 어떠한지, 개선해 나가야 할 부분은 어떤 것이 있는지를 살펴보는 것을 목적으로 한다. 해외 문헌들에서는 새로운 기술의 도입이 초래할 수 있는 사회적 변화들을 가능한 폭넓게 예측하는 것을 광의의 ‘기술영향평가(Technology Assessment)’로 지칭하기도 하지만 국내에서는 공식 제도를 지칭하는 표현으로 굳어져 있기 때문에 오해의 소지를 피하기 위해 ‘신기술의 사회경제적 영향에 관한 문헌’이라는 표현을 쓰기로 한다. 대다수 선행연구들은 공식적인 기술영향평가를 대상으로 제도의 현황과 개선방향을 탐구했으나(임현, 유지연, 2007, 유지연 외, 2010, 권성훈, 2014, 서지영, 2015), 법적으로 기술영향 평가 권리를 부여 받은 정부뿐만 아니라 정부출연 연구기관, 대학, 산업계 등 여러 분야에서 관련 연구가 이루어지고 있으므로 이들을 포괄적으로 살펴볼 필요가 있다.

신기술의 사회경제적 영향에 관한 종합적인 문헌 분석은 선행연구들의 관심이 집중되었던 기술영향평가 제도 개선에도 중요한 함의를 전달할 수 있다. 한국은 “신기술이 초래할 결과에 대하여 사회구성원이 참여하여 대응방안을 마련하고, 국민들의 과학기술 정책에 대한 이해를 높이는 것이 필요”하다는

인식 하에 2001년 기술영향평가를 공식 도입하고, 2003년부터 선정된 기술에 대해 매년 평가를 시행해오고 있다(유지연 외, 2010). 70년대 미국에서 최초 도입된 이후 80년대 중반 유럽으로 확산된 기술영향평가의 짧은 역사를 고려할 때 2000년대 초반 한국이 이를 의무화 한 것은 선진적인 조치로 평가될 수 있으나 10차례 이상의 실시 경험이 축적되는 동안 실제적인 정책 반영이 이루어지지 않아 결과의 실효성에 대해 회의적인 의견이 제시되고 있다(박희제, 2007). 선행연구들이 기술영향평가의 개선과제로 공통적으로 지적하고 있는 것은 한 차례의 사업시행으로 종료되는 것이 아닌 특정 기술에 관한 지속적인 모니터링, 국내 상황에 적합한 방법론의 개발, 평가를 수행하는 주체의 다양성 제고이다(권성훈, 2014). 그러나 제한된 자원과 인력을 고려할 때, 이는 기술영향평가 제도 내에서 소화되기에는 무리한 수준의 요구일 뿐 아니라 사회 전반의 논의 수준을 제고하는 데도 적합하지 않다. 정부출연 연구기관, 대학, 산업계 등 관련 연구를 수행하는 주체들의 역량이 전제적으로 향상된다면 기술영향평가의 개선사항으로 지목되는 지속적인 모니터링이나 연구 주체의 다양성을 제도 범위 ‘밖’에서 달성하여 제도의 부족한 측면을 보완할 수 있고, 궁극적으로는 신기술이 가져올 변화에 관한 사회 전반의 논의 수준도 성숙될 수 있을 것이다.

본 연구는 3D 프린팅을 대상 기술로 선정하여 국내외 문헌의 비교분석을 시도한다. 특정 사례 연구는 도출된 분석 결과를 일반화하기 어렵다는 한계를 가지지만 구체적인 내용 비교가 가능하여 자세한 분석이 가능하다는 장점이 있다. 3D 프린팅은 미래 국민 생활에 높은 수준의 파급효과가 예상되는 신기

술로 인정 받아 2013년 공식 기술영향평가가 시행된 바 있고(미래창조과학부, 2013), 제조업 전반에 적용 가능한 특성 때문에 개별 기업의 수익 구조 변화에서부터 국가 간 산업 경쟁력 재편에 이르기까지 경제성장과 밀접한 연관을 가진 주제들에 관해 논의가 집중되어 있어 선도형 경제성장으로의 전환을 위한 기본 바탕으로서 신기술에 대한 사회경제적 논의에 주목하는 본 연구의 목적에도 부합한다. 또한 국내에서는 2012년 Economist, WSJ, Businessweek, CNN, Forbes 등 해외 주요 언론에서 3D 프린팅 관련 기사가 급증한 이후 본격적인 논의가 시작되어(kt 경제경영연구소, 2012) 비교적 짧은 기간을 대상으로 압축적인 문헌 수집이 가능하다는 연구 상의 이점도 있다.

논문의 구성은 다음과 같다. 먼저 3D 프린팅 기술을 개관하고, 분석 대상 연구 문헌의 수집 과정과 문헌 분석에 사용하게 될 프레임워크를 소개한다. 이어지는 본론에서는 예측 방법과 논의 주제의 두 가지 측면에서 국내외 연구들을 비교 분석하고, 분석 내용을 종합하여 신기술의 사회경제적 영향에 관한 국내 논의의 평가와 향후 발전과제를 결론으로 제시한다.

2. 연구대상 기술 - 3D 프린팅

3D 프린팅은 3D 설계 도면을 바탕으로 다양한 소재를 층층이 쌓아 올려 입체 구조물을 제작하는 기술로, 재료를 깎아 원하는 형상을 만드는 기존의 절삭 공법과 대비시켜 적층 공법(additive manufacturing)이라고도 불린다(미래창조과학부, 2013). 원천기술은 1980년대 미국에서 개발되었고, 시제품 제작 등 제한된 분야에서만 사용되어오다가 핵심기술의 특허만료로 상업적

3D 프린터 개발이 촉진되어 가격이 낮아지고 사용 가능한 재료가 늘어남에 따라 응용범위가 확장되어왔다. 퍼스널 컴퓨터처럼 각 가정에서 하나씩 소유하는 개인용 3D 프린터의 보급도 머지 않았다는 예측이 나오면서, 3D 프린팅 기술은 증기기관, 전기에 이은 제 3차 산업혁명을 이끌 주역으로 주목 받기 시작했다(박민우, 2013).

3D 프린팅은 기존 제조업의 생산, 유통 구조에서부터 개인들의 소비 패턴, 글로벌 산업 경쟁력의 변화까지 광범위한 영향력을 끼칠 수 있는 잠재력을 가진 기술이다. 금형 제작이 필요 없어 빠른 시제품 생산이 가능하고 다품종 소량 생산의 비용 효율성을 높여 맞춤형 생산을 대중화시킬 수 있다. 3D 도면만 있으면 세계 어디서나 생산이 가능하기 때문에 디자인의 중요성이 증가하고, 저렴한 노동력을 찾아 개발도상국으로 이전했던 제조시설들이 최종 소비지로 이동해 나갈 유인을 제공한다. 제품이 아닌 3D 도면을 중심으로 글로벌 생산과 유통, 소비가 이루어지게 된다면 이 모든 과정을 포괄하는 플랫폼을 누가 선점하는가가 중요한 화두로 떠오를 것이다(D' Aveni R, 2015).

3D 프린팅을 통해 맞춤형 상품과 직접제조(DIY)가 늘어나게 되면 소비자의 위상은 높아지는 반면, 기업들은 어떤 가치를 제공하고 수익을 창출할 수 있을 것인가를 고민하며 새로운 비즈니스 모델을 만들어내야 할 것이다(Rayna T. & Striukova L., 2016) 3D 프린팅 기술은 기존 공법 대비 제작과정에서 재료 낭비가 적고 소비지에서 생산이 이루어지는 유통과정의 축소로 탄소 배출이 줄어들 수 있는 등 친환경적인 이점을 가지고 있다. 그러나 다른 한편으로는 3D 도면의 자유로운 거래가 지적재산권 보호를 위협하고, 무기나

인체 조직의 불법 생산이 가능해지면서 새로운 사회적 문제를 야기할 위험도 존재한다(경기과학기술진흥원, 2015).

3. 방법론

신기술의 사회경제적 영향에 관한 문헌 분석이 본 연구의 목적이므로 분석 대상 문헌을 선정하는 기준은 3D 프린팅 기술이 가져올 사회경제적 변화의 내용을 포함하고 있는가의 여부다. 문헌은 연구 주체에 따라 학술 논문과 민간보고서, 공공부문 보고서로 분류하여 예측방법과 논의주제 두 가지 측면에서 국내외 사례를 비교, 분석한다. 국내 문헌에서 절대다수를 차지하는 공공연구기관의 보고서는 대응하는 해외 문헌을 수집하지 못했기 때문에 해외 공공부문 보고서와의 직접 비교는 시행하지 못했다.

‘예측방법론’에 따른 분석에서는 어떤 근거에 기초해 신기술의 영향을 식별하고 있는지를 밝힘으로써 얼마나 다양한 방법론을 동원하여, 과학적이고 체계적인 연구가 이루어지고 있는가를 평가해볼 수 있고, ‘논의주제’에 따른 분석은 얼마나 다양한 분야를 다루고 있는지, 관심이 집중되고 있는 분야와 그렇지 못한 분야는 무엇인지를 파악할 수 있게 해준다.

3.1 분석대상 문헌수집

분석 대상 문헌들은 키워드 검색을 통해 1차 수집한 후 사회경제적 영향 식별에 논의 초점을 맞추고 있는가의 여부에 따라 최종 선별했다. 분석 시기는 2011년 이후로 제한했는데, 이는 그전까지 쾌속제작(rapid prototyping)

으로 지칭되며 시제품 생산에만 제한적으로 쓰여왔던 기술이 전 생산 영역에 활용될 수 있는 가능성이 제시되며 기존의 절삭공법과 대비를 이루는 적층 제조(additive manufacturing)라는 공식 명칭이 채택되고, 대중적으로는 보다 쉬운 명칭인 3D 프린팅으로 알려지게 된 시점이다(Gao et al., 2015). 검색 키워드로는 기술명인 “3D 프린팅(3D printing)” “적층 제조(additive manufacturing)” “디지털 직접 제조(direct digital fabrication)” 와 “사회적 영향 혹은 함의(social impact or implication)” “미래(future)” 를 조합하여 사용했다. 국내 문헌 중 학술 논문은 한국학술정보(KISS, kiss.kstudy.com)를, 정부출연연구기관의 연구 보고서는 국가정책연구포털(NKIS, www.nkis.re.kr)을 통해 수집했다. 해외의 경우 영문으로 발행되지 않는 경우가 많은 국가 공공기관의 연구 보고서는 제외하고, Web of Science(www.webofknowledge.com)와 Science Direct(www.sciencedirect.com)를 이용해 학술논문을 위주로 수집했다. 국내외 컨설팅 기업이나 민간 경제연구소의 보고서는 Google(www.google.com) 검색을 이용해 추가로 수집했다. 그 결과 국내 18건, 해외 18건, 총 36건의 논문 및 보고서가 수집되었다. [표1]과 [표2]는 공공연구기관 보고서, 학술논문, 민간보고서로 종류를 구분한 국내외 분석 대상 문헌들의 목록이다.

국내 문헌은 공공연구기관 보고서가 18건 중 10건을 차지해 공공부문이 논의를 주도하는 모습을 보였으며, 민간보고서와 학술논문이 각각 5건, 3건에 해당했다. 해외 문헌은 학술 논문이 8건, 민간보고서가 10건으로 둘 사이의

비율은 국내 문헌과 유사했다.

[표 1] 분석 대상 국내 문헌

	저자(기관)	연도	제목
공공연구 기관보고서	미래창조과학부	2013	13년도 기술영향평가
	한국디자인진흥원	2013	3D 프린팅은 어떻게 소비 문화를 바꾸는가
	정보통신정책연구원	2013	디지털제조의 이해와 정책방향
	한국산업기술평가관리원	2013	3D 프린팅 제조혁명에 대한 한국 금속 산업의 대응전략
	산업연구원	2014	제조업 공정혁신의 기폭제 3D 프린팅 산업
	한국해양수산개발원	2014	3D 프린팅 기술혁신과 해운·항만물류 분야 대응방향
	과학기술정책연구원	2015	신기술 발전에 따른 산업 지형의 변화 전망과 대응 전략
	경기과학기술진흥원	2015	3D 프린팅이 사회·경제에 미치는 영향에 관한 연구
	전북테크노파크	2015	3D프린팅 기술응용과 전북산업 발전방안
	산업연구원	2016	3D프린팅이 주요 산업에 미치는 영향과 대응 방안
학술논문	김성익, 오창섭	2013	3D 프린팅이 디자인 비즈니스에 미치는 영향에 관한 연구
	이광호	2014	제품디자인에 있어서 디지털 직접제조의 창조적 활용
	조종학	2015	3D 프린터가 영상 산업에 미치는 영향 분석
민간	KT 경제경영연구소	2012	ICT와 3D 프린팅에 의한 제3차 산업

보고서			혁명
	박민우	2013	3D 프린터 산업은 제조업 혁명의 구세주가 될 것인가?
	LG 경제연구원	2013	3D 프린팅, 제조업의 개념을 바꾼다
	LG 경제연구원	2013	3D 프린팅, 개인 생산 시대를 연다
	Deloitte	2014	3D 프린팅 산업과 기업의 대응전략

[표 2] 분석 대상 해외 문헌

	저자(기관)	연도	제목
학술논문	Birtchnell T., & Urry J.	2013	3D, SF and the future
	Chen D et al	2015	Direct digital manufacturing: definition, evolution, and sustainability implications
	Weller C.et al.	2015	Economic implications of 3D printing: Market structure models in light of additive manufacturing revisited
	Rayna T. & Striukova L	2016	From rapid prototyping to home fabrication: How 3D printing is changing business model innovation
	Bogers M. et al.	2016	Additive manufacturing for consumer-centric business models: Implications for supply chains in consumer goods manufacturing
	Ford S. & Despeisse M.	2016	Additive manufacturing and sustainability: an exploratory study of the advantages and challenges
	Despeisse M et al.	2017	Unlocking value for a circular

			economy through 3D printing: A research agenda
	Jiang R. et al.	2017	Predicting the future of additive manufacturing: A Delphi study on economic and societal implications of 3D printing for 2030
민간 보고서	Atlantic Council	2011	Could 3D Printing Change the World?
	Berman B.	2012	3-D printing: The new industrial revolution
	Gershenfeld N	2012	How to make almost anything-The Digital Fabrication revolution
	McKinsey Global Institute	2013	Disruptive technologies: Advances that will transform life, business, and the global economy
	McKinsey Quarterly	2014	3-D printing takes shape
	McKinsey Quarterly	2015	Are you ready for 3-D printing?
	D'Aveni R.	2015	The 3D printing revolution
	Holweg M.	2015	The Limits of 3D Printing
	Kietzmann J. et al.	2015	Disruptions, decisions, and destinations: Enter the age of 3-D printing and additive manufacturing
	DHL Trend Research	2016	3D printing and the future of supply chains

3.2 문헌 분석틀(Framework)

수집된 문헌을 학술 논문과 민간 보고서로 나누는 것은 각각 연구 수행 목적과 사회에서 기대되는 역할이 다르기 때문에 해외 문헌과의 비교에 앞서 비

교대상의 성질을 일치시키기 위함이다. 신기술의 영향을 논의하는데 있어 연구 주체에 따라 연구 목적과 관심 대상이 달라질 수 있다는 것은 Smits et al.(1995)의 선행연구에서 제시된 바 있다. Smits et al.(1995)는 유럽 국가들을 대상으로 국회, 행정부, 대학, 산업으로 연구주체를 나누어 신기술의 사회경제적 영향에 대한 일반적인 연구 특성을 도출했다. 산업계는 신기술 도입에 가장 직접적인 영향을 받는 주체로서 전략 기획에 활용할 목적으로 관련 연구를 수행했다. 그러나 소수 대기업 정도만 연구 수행능력을 갖추어 참여 수준이 제한적이고, 신기술 도입으로 인한 리스크를 분석하는 수동적인 연구가 대부분이라 미래에 대한 통찰력을 기대하기는 힘들다는 점이 지적되었다. 반면 대학은 연구 역량의 핵심을 구성하는 주체로 연구방법론과 이론 및 개념에 관련된 주제를 선호했다. 또한 사용자 중심의 기술개발을 추구하는 경향을 보였으며, 이로 인해 기술발전에 대해 비판적이고 부정적인 시각을 가진다고 여겨져 산업 부문과 대립하는 양상을 보이기도 했다. 산업 부문과 대학은 이렇듯 다른 특성을 가지고 있기 때문에 양자를 구분하지 않으면 해외의 학술 논문과 국내 민간 보고서를 비교하여 국내의 민간 연구에 대해 해외 학술 부문과 같은 방법론의 적용이나 연구 주제로의 확장을 요구하는 오류를 범할 수 있다.

다만 국내 공공연구기관의 연구는 대학과 산업 부문의 성격을 일정 부분씩 가지고 있어 해외 공공연구기관의 보고서를 수집하지 못한 현실적 한계를 감안하여 해외 학술논문과 민간 보고서 양자와 비교하는 것이 정당화될 수 있다. [표1]의 발간 시기를 보면 국내 민간보고서는 분석 대상 국내 문헌 중 가장

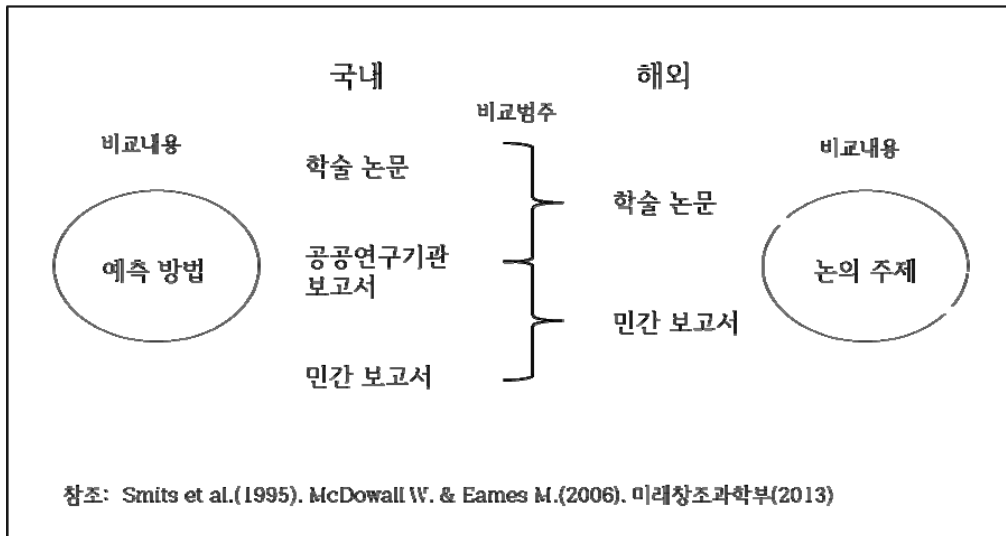
이른 시기의 KT경제경영연구소(2012)를 포함하여 논의 초기에 집중되어 있으며, 딜로이트(2014)를 마지막으로 이후에는 관찰되는 연구가 없었다. 반면 공공연구기관은 공식 기술영향평가인 미래창조과학부(2013)를 시작으로 가장 최근인 2016년까지 꾸준히 연구 실적을 발표하고 있어, 민간보고서는 최신 이슈를 빠르게 국내에 소개하는 역할에 그치고 심층 분석의 임무는 공공영역이 넘겨받았음을 알 수 있다. 내용상으로도 민간보고서의 대부분은 국내 대기업 부설 경제연구소에서 발표한 보고서였음에도(KT경제경영연구소, 2012, LG 경제연구원, 2012) 해당 모기업의 핵심 사업영역과 관련해 3D 프린팅의 함의를 분석한 것이 아니라 전반적인 사회 변화와 한국에 갖는 시사점을 다루었다. 그러나 공공부문은 산업계의 이익을 대변하여 신기술 도입에 따른 주요 산업의 대응전략 마련에 큰 관심을 보이고 있었다(한국산업기술평가관리원, 2013, 한국해양수산개발원, 2014). 다른 한편 국내 공공연구기관은 과학적 연구방법론의 개발과 사용자 중심의 기술 분석에도 관심을 가져 대학과 유사한 측면도 가지고 있다. 과학기술정책연구원(2015)과 산업연구원(2016)은 분석 대상 국내 문헌 중 유일하게 정량적 예측을 시도한 경우였으며, 한국디자인진흥원(2013)과 정보통신정책연구원(2013)은 문헌들의 주 관심대상인 생산 양식의 변화와 기업 측면에서의 함의가 아닌 소비 문화의 변화와 일반 사용자에게 갖는 함의를 다루었다.

본 연구에서 국내외 문헌 비교분석은 예측방법과 논의주제를 중심으로 이루어진다. 먼저 McDowall W. & Eames M.(2006)가 수소 경제의 미래를 제시한 연구들을 대상으로 사용한 예측방법 분류체계를 기본으로 문헌들을 분류

하고 예측방법에 따른 특징과 예측 결과의 차이를 분석한다. 예측 결과가 단기적 영향과 중장기적 영향, 파급 효과가 클 것으로 예상되는 변화와 그렇지 않은 변화 등으로 체계를 갖추어 제시되는가를 살펴볼 수 있어 연구수준의 질적 비교가 가능하고, 동일 주제에 관한 예측방법론의 전모를 보여줌으로써 국내 연구가 활용할 수 있는 방법론의 범위를 확장시키는 데 기여할 수 있다.

논의주제 분석의 경우 주제 분류를 위해 어떤 기준을 사용할 것인가가 문제가 되는데, 신기술의 사회적 영향력에 관해서는 어떤 측면을 평가해야 하는지에 대해 주요 항목의 예시만 제시되었을 뿐 완전한 목록이 제시된 바 없다. 또한 기술에 따라 세부 내용이 달라지기 때문에 추상적인 수준에서 제시된 대주제를 해당 기술 관련 논의들로부터 귀납 추론하여 내용에 맞게 구체화시켜야 한다(Kwon et al., 2017). 본 연구에서는 미래창조과학부(2013)에서 제시한 3D 프린팅 기술에 대한 평가 주제를 공식적인 기술영향평가인만큼 가장 넓은 범위의 발생 가능한 변화들을 포함하고 있을 것이라는 가정 하에 주제 분류의 1차 기준으로 삼는다. 최종 분류 기준은 분석 대상 국내외 문헌들을 1차 분류 기준 아래 내용 분석한 뒤, 1차 분류 기준에 포함되지 않는 소주제는 추가하고, 해당 사례가 없거나 적은 소주제는 통폐합하여 확정한다. 그 결과 경제, 문화, 환경, 사회의 4개 대분류 아래 17개의 소주제가 도출되었고, 어떤 주제에 관심이 집중되고, 세부 내용에는 어떤 차이가 있는가에 관해 분석을 실시했다. 신기술의 사회경제적 영향에 관한 연구에는 미래 예측에 대한 정확도를 높이는 한편, 다양한 분야의 이슈를 제기하여 사회적 관심을 환기시킬 것이 요구되는데(박희제, 2007) 논의주제 분석을 통해 연구 범위 확장에 대

한 방향을 제시할 수 있다. 해외 문헌과의 주제 분포 차이를 설명하는 요인으로 연구 주체의 특성(Smits et al.,1995)과 함께 기술 이해 방식과 사회적 조건의 차이를 제안해본다(Coates,1998). 지금까지 언급한 문헌분석틀을 요약하면 [그림1]과 같다.



[그림 1] 문헌 분석틀 요약

3.3 선행 연구

신기술의 사회경제적 영향에 관한 문헌 연구의 관심은 크게 예측방법론과 논의 주제의 두 가지로 나뉠 수 있다. 사회경제적 영향을 예측하고 평가하는 방법은 지난 40년간 많은 발전을 거듭해 왔지만 보다 효과적인 방법론을 개발해야 할 필요가 여전히 존재하기 때문에 문헌 분석을 통해 방법론들의 발전 과정과 활용 현황을 제시하려는 시도가 이루어진다(Tran & Daim, 2008; Porter, 1995). 논의 주제에 관해서는 국내외 문헌 비교 방법을 활용하여 논란이 되는 쟁점들을 도출하거나(이영희, 2004) 얼마나 다양한 주제를 다루고

있는지를 평가하는(Draborg et al., 2005) 등의 다양한 접근이 존재하는데, 분석 대상은 공식 제도의 산물인 기술영향평가로 국한되는 경우가 많다.

3D 프린팅 기술의 사회경제적 영향에 관해서는 제한적 성격의 문헌 연구들만이 존재한다. Huang et al.(2013)은 3D 프린팅 기술로 생산되는 맞춤형 의료기기로 인해 삶의 질이 향상되고, 제조 과정에서 환경 오염이 감소하고, 간소화된 공급 사슬로 인해 효율성이 향상되는 세 가지 측면에서만 관련 문헌들을 소개하고, 그 내용을 비교했다. 이들 세 가지 논의 주제는 관련 연구들을 수집한 뒤 대표성을 띠는 주제를 귀납적으로 도출한 것이 아니라 연구자들이 임의로 선정한 것이기 때문에 사회경제적 영향을 종합적으로 분석했다고 보기는 어렵다. 기타 연구들은 지속가능성, 경영·경제 등 특정 측면의 효과에만 주목했다. Ford S. & Despeisse M.(2016)은 컨설팅 회사와 해당 산업 전문 언론사의 보고서에 등장하는 사례 연구를 모아 지속가능성 측면에서 3D 프린팅 기술이 갖는 장점과 한계를 도출했다. Niaki&Nonino(2017)는 경영·경제 측면에서 3D 프린팅 기술의 함의를 다룬 문헌들을 수집하여 주성분 분석(principal components analysis, PCA)을 통해 핵심 논의 주제를 도출하고, 서베이, 사례 연구, 문헌 조사 등으로 사용한 예측방법론을 분류했다.

본 연구는 신기술의 사회경제적 영향에 관한 문헌 분석의 주요 관심 주제인 예측방법론과 논의 주제를 모두 다루는데, 3D 프린팅 기술 사례에 관해서는 이 같은 통합적인 문헌 분석 연구가 아직 수행된 바 없다. 논의 수준을 평가하기 위한 목적에서 선행연구들과 마찬가지로 국내외 문헌을 비교하는 방식을 택하지만, 그 대상을 공식 기술영향평가에 국한하지 않고, 공공연구기관, 대학,

민간 기업 등 다양한 주체들의 관련 연구로 확장하여 사회 전반의 논의 수준을 평가할 수 있도록 한다.

4. 분석 결과

4.1 예측방법론에 따른 분석

신기술로 인한 미래 변화를 예측하는 데 사용된 방법론은 양적 분석(quantitative study), 탐색적 시나리오(exploratory scenario), 기술 시나리오(technical scenario), 역사적 유추(historical analogy), 전문가 의견(expert opinion), 비전(vision)의 6가지로 유형화되었다. 6가지 방법론은 각각 강조점이 다르기 때문에 독자적인 카테고리로 선정되었을 뿐 완전히 배타적인 분류가 아니기 때문에 한 연구에 여러 개의 방법론이 해당될 수 있다. 예측 방법론은 그 성격에 따라 크게 기술적(descriptive) 방법과 규범적(normative)방법으로 나눌 수 있다(McDowall W. & Eames M, 2006). 기술적 방법은 가치판단의 개입 없이 실현 가능성이 높은 미래상을 그리는 반면, 규범적 방법은 바람직한 미래상을 상정하고 그에 이르기 위한 경로를 제시하는 것을 목표로 한다. 양적 분석, 탐색적·기술 시나리오, 역사적 유추는 기술적 방법에, 비전은 규범적 방법에 해당하고, 전문가 의견은 질문 내용에 따라 그 성격이 결정된다. [표3]은 예측 방법론분류 체계로, 본 연구에서 각 방법론을 어떤 의미로 사용하고 있는지를 요약해서 보여준다.

[표 3] 예측 방법론 분류 체계

기술적	양적 분석	과급 효과와 실현 가능성에 대해 정량화를 시도하는 모든 연구들을 포괄
	탐색적 시나리오	사회적 요인(소비자 유형, 기업 전략 등)에 따른 서로 다른 미래를 제시
	기술 시나리오	기술 발전 내용에 따른 서로 다른 미래를 제시
	역사적 유추	유사한 사례로부터 기술 확산 과정이나 기술로 인한 부정적 측면에 관한 시사점을 도출
	전문가 의견	다수 전문가들의 의견을 수렴하여 컨센서스를 마련
규범적	비전	추구해야 할 바람직한 미래를 상정하고 이를 달성하기 위한 수단과 경로를 제시

(McDowall W. & Eames M, 2006 참조)

분류 결과는 [표4]에 요약되어 있다. 문헌 조사(literature review)의 경우 모든 연구에 기본적으로 포함되는 것으로 별도의 유형으로 상정하지 않았다. 따라서 어떤 방법론에도 표시가 없는 연구들은 기존 문헌조사를 중심으로 하고 있는 경우이다. 국내 학술논문은 3편 중 2편이, 민간 보고서는 5편 중 3편이 기존 문헌조사에만 의존하고 있는 것으로 나타나 다양한 예측방법론이 사용된 해외 문헌들과 대조를 이루었다. 반면 공공연구기관 보고서는 평균 1개 이상의 문헌조사 이외의 방법을 사용하고 있는 것으로 나타나 해외 문헌과의 비교는 공공연구기관 보고서를 중심으로 진행한다.

[표 4] 예측 방법론에 따른 분류 결과

저자	예측 방법론						저자	예측 방법론					
	양면 본선	발식면 시나리오	기술 시나리오	결사면 유무	전문가 의견	비판		양면 본선	발식면 시나리오	기술 시나리오	결사면 유무	전문가 의견	비판
고리창포과학부 (2013)					◆	◆	Birchnell T., & Urry J. (2013)		◆		◆		◆
한국디자인진흥원 (2013)				◆			Chen D. et al.(2015)						
정보통신정책연구원 (2013)				◆			Weller C. et al(2015)	◆					
한국산업기술평가판 단원(2013)						◆	Bogers M. et al. (2016)						
산업연구원(2014)							Rayna T. & Striukova L., (2016)		◆		◆		
한국해양수산개발원 (2014)			◆				Ford S. & Despeisse M. (2016)						
과학기술정책연구원 (2015)	◆				◆		Despeisse M. et al.(2017)						◆
경과과학기술진흥원 (2015)							Jiang R. et al(2017)	◆		◆		◆	
전북테크노파크 (2015)						◆	Atlantic Council(2011)			◆			
산업연구원(2016)	◆				◆		Berman B. (2012)				◆		
김성익, 오창선(2013)							Gershenfeld N. (2012)			◆	◆		◆
이광호(2014)				◆			McKinsey (2013)	◆					
조종학(2015)							McKinsey (2014)						
KT 경제경영연구소 (2012)							D'Aveni(2015)		◆				
박근우(2013)			◆	◆		◆	Hoareg M.(2015)						
LG 경제연구원(2013 년)							Karamana, J. et al. (2015)		◆				
LG 경제연구원(2013 년)							McKinsey (2015)		◆			◆	
글로벌포(2014)		◆					CHL (2016)		◆				

4.1.1 양적 분석

양적 분석은 계량화된 수치를 도출하는 연구들을 포괄하는 항목이다. 양적 분석을 제외한 다른 예측방법론은 정량화 시도를 하지 않으므로 질적 분석에 해당하는 연구들이 주류를 형성하는 가운데, 실제 기대되는 경제적 효과의 크기는 얼마만큼인지, 가장 큰 파급이 예상되는 부문과 그 개연성은 어느 정도인지 등에 관해 구체적 수치를 제시하는 분석 결과들은 중요한 함의를 갖는다. 일례로 예상되는 변화 내용을 백과사전 식으로 나열하는 것이 아니라 비교 가능한 수치로 영향력의 크기를 제시하면 우선순위에 따른 자원 배분과 정책 결

정으로 이어질 수 있는 장점을 갖는다(Tran & Daim, 2008)

전체 문헌에서 양적 분석을 사용한 사례는 5건에 불과해 기술시나리오와 함께 가장 낮은 비율을 나타냈다. 해외 문헌에서는 학술 논문과 민간보고서 두 항목에서 모두 양적 분석에 해당하는 사례가 있었지만, 국내 문헌에서는 공공연구기관 보고서에서만 해당 사례가 있었다. 전체 5건 중 2건을 국내 문헌이 차지해 높은 존재감을 나타냈다. 과학기술정책연구원(2015)과 산업연구원(2016)은 선행 연구들이 신기술의 가능성 언급에 그칠 뿐 영향을 미치는 방식과 결과에 대해서는 자세한 분석을 내놓지 않았다는 공통의 문제의식을 가지고, 독자적인 분석틀을 고안하여 3D 프린팅 기술이 기존의 주요 제조업에 미치는 영향을 정량적으로 산출해냈다.

과학기술정책연구원(2015)은 기술 혁신 연구에서 확립된 기술 변화로 인한 산업 지형의 변화에 대한 사후적 연구들로부터 관점과 분석 틀을 가져와 예측적 연구에 활용했다. 신기술이 제공하는 중심적인 기능이 제품, 공정, 서비스와 기업의 수익 모델에 어떤 변화를 가져오고, 이로부터 주도기업과 산업 전체에는 어떤 변화가 나타나는지를 살펴보는 3단계의 분석틀을 구축했다. 3D 프린팅 기술의 활용가능성에 대해 전문가들의 인식을 조사한 결과 향후 5년 내 일반 가정에서 3D 프린터가 이용되는 시나리오의 가능성은 10% 미만이었고, 스마트폰이나 자동차 제조 부문에서도 시제품 제작 용도로만 쓰일 가능성이 높다고 응답한 비율이 최종 제품 제작에도 쓰일 수 있다고 응답한 비율의 두 배 이상으로 나타났다. 이를 바탕으로 3D 프린팅 기술은 기존 제조기술을 대체할 것으로 기대를 모은 것과 달리 보완적 성격이 강하며, 기존 기업이

3D 프린팅 기술을 전략적으로 활용해 경쟁 우위에 서는 양상이 전개되어 주도 기업의 변화는 나타나지 않을 것으로 전망했다.

산업연구원(2016)은 마이클 포터의 가치사슬이론을 바탕으로 6개 영향 평가 항목과 하부 평가지표로 구성된 분석틀을 사용했다. 분석 결과 절삭 가공 방식 대비 3D 프린팅의 경제적 효과는 시제품 제작기간 단축(45%), 시제품 제작 비용 절감(41%), 다품종 소량생산 증가(39%)에서 크게 나타났고, 제조 원가 절감(25%)이나 재고 비용 절감(28%)효과는 상대적으로 작게 나타났다. 10년 후 3D 프린팅 제조방식을 도입한 기업의 경쟁력은 평균 26.4% 상승하는데 세부 영역별로는 시장 변화 대응력, 기술혁신 역량, 마케팅 역량 순으로 높은 상승률을 보였다. 10년 후 고용 창출이 큰 폭으로 이루어질 업종은 3D 프린팅 서비스업, 소재 제조업, 프린팅 SW 개발 분야로 나타났다.

해외 연구에서는 3건 중 2건이 3D 프린팅 기술의 경제적 함의를 정량화했다. Weller C. et al.(2015)의 연구는 전체 분석 대상 문헌들 중 유일하게 경제 모델을 활용한 사례로 3D 프린팅 기술이 기업의 이윤함수와 시장 구조에 미치는 영향을 도출해냈다. 유연 제조 시스템(FMS, flexible manufacturing systems)에 관해 확립되어 있는 모델을 적층 공법의 특성인 높아진 유연성을 반영하도록 수정하여 사용했다. 분석 결과 개별 기업 측면에서는 다양화된 상품 간 범위의 경제를 실현할 수 있고, 시장 구조 측면에서는 독점 시장에서는 신기술 채택 후 기업이 소비자 잉여를 포착하여 이윤을 늘릴 수 있는 반면 경쟁 시장에서는 진입장벽이 낮아지고 동시에 여러 시장을 공략하는 것이 가능해지면서 경쟁이 격화되고 가격이 하락하게 될 것으로 나타났다. 3D 프린팅

기술이 영향을 끼칠 수 있는 R&D, 마케팅 등 공급사슬 전반 중 유연성 향상을 중심으로 한 제조과정만을 고려한 한계가 있지만 모델 분석 결과를 통해 과학적 근거가 강화된 예측을 제시할 수 있었다.

Mckinsey(2013)는 3D 프린팅의 경제적 효과를 소비자 잉여의 측면에서 계산하여 그 규모가 2025년 2,300~5,500억 달러에 이를 것으로 추산했다. 관련 시장의 성장률을 추정하여 3D 프린팅의 경제적 효과를 제시하는 경우가 일반적인데 반해 3D 프린팅이 적용될 수 있는 산업 부문의 규모를 예측하고, 그 중 일부가 3D 프린팅 생산으로 교체되었을 때 소비자에게 기대되는 비용 절감의 크기를 계산한 것이다. 이후 여러 연구보고서들에서 해당 수치를 인용한 것은 분석 결과의 독창성을 반증한다.

Jiang R. et al.(2017)은 델파이 기법을 사용하여 2030년 시나리오에 대한 전문가들의 합의를 도출하려고 시도했다. 문헌을 바탕으로 정치, 경제, 사회문화, 기술 방면에 걸친 개별 시나리오들을 구성한 후 발생가능성과 파급효과의 크기에 대해 전문가들을 대상으로 설문을 반복하여 두 측면에서 모두 높은 점수를 기록한 내용들을 모은 최고 유망 시나리오(most probable scenario)를 도출했다. 기술적 측면에서는 적층 공법으로 생산되는 제품들의 상당수가 다양한 재료를 이용하고, 전자부품과 결합하여 그 활용범위가 확대될 것이라는 예측이, 정책적 측면에서는 지적 재산권 보호가 어려워지면서 오픈소스와 같은 새로운 방식의 지적재산권 개념이 확대되고, 특히 적층 제조 파일을 공유하는 플랫폼에서의 규제가 중요해질 것이라는 예측이 선정되었다. 경제적 측면에서는 중요 부품의 생산은 기존의 제작 공법을 사용해 생산 허브에서 이루

어지지만 주변 부품은 적층 공법을 이용해 소비지와 가까운 곳에서 생산되어, 생산의 세계화와 지역화가 동시에 나타나는 글로컬리제이션(Glocalization) 현상이 지목되었다.

양적 분석에 해당하는 연구들은 정량화를 통해 예측의 엄밀성을 높이겠다는 목표를 공유한다. 국내 연구들은 정부와 기업이 신기술에 대한 현실적인 대응 전략을 수립하는 데 도움이 되기 위해 산업에 미치는 구체적 예측을 제시하고자 했다. 해외 연구들 역시 과도한 기대나 추측이 아닌 기업이 투자 결정을 내리는 데 근거로 삼을 수 있는 가설을 도출하고(Weller C. et al, 2015) 미래 시나리오를 구성하는 데 과학적 방법을 적용(Jiang R. et al, 2017)하는 것을 연구목표로 삼았다. 특히 국내 연구 중에서는 양적 분석 기법을 사용한 연구들이 3D 프린팅의 경제적 효과가 제한적이고, 낙관적 기대에 기반한 정책 방향이 수정될 필요가 있음을 지적하고 있어 양적 방법론의 적용이 신기술에 대한 기대수준의 현실에 기반한 조정으로 유의미하게 이어졌음을 확인할 수 있었다.

4.1.2 탐색적 시나리오

시나리오 기법은 조건에 따라 가능한 미래 상황을 제시하여 복수의 미래를 준비하도록 하는 방법이다. 뒤이어 설명하게 될 기술 시나리오와의 차이점은 서로 다른 미래 상황을 결정짓는 요소로서 기술적 특성 보다는 기업의 전략적 선택이나 소비자의 유형 같이 사회적인 요소에 주목하는 것이다.

해외 문헌에서는 탐색적 시나리오를 사용한 연구가 기술 시나리오를 사용한 연구의 두 배로 압도적 우위를 보인 데 반해, 국내 문헌에서는 탐색적 시나리

오가 1건, 기술 시나리오가 2건으로 오히려 기술 시나리오가 더 높게 나타났다. 해외에서는 탐색 시나리오를 사용한 6건의 연구 중 5건이 컨설팅 기업 보고서이거나 경영학 논문에 속해 탐색 시나리오가 비즈니스 측면의 분석에 많이 활용되고 있음을 짐작할 수 있는데, 다음 절의 논의주제 분석 결과를 보면 5건의 연구 모두 3D 프린팅 기술로 인한 비즈니스 모델의 변화를 주제로 하고 있어 실제 산업에서의 적용이 어떤 경로로 이루어지고, 어떻게 하면 이를 촉진시킬 수 있을 것인가에 대해 높은 관심이 형성되어 있음을 알 수 있다.

국내 문헌에서도 다국적 컨설팅 기업의 한국 법인인 딜로이트(2014)사의 연구보고서가 기업의 3D 프린팅 기술 도입 전략을 제시한 탐색 시나리오에 해당했다. 그러나 딜로이트(2014)가 유일한 사례였고, 해외 문헌과 비교해 볼 때 비즈니스 관점의 연구가 많이 이루어지지 않은 것이 탐색 시나리오의 낮은 활용으로 이어졌음을 추측해 볼 수 있다.

탐색 시나리오의 일반적인 형식은 기술 채택 양상을 결정하는 두 가지의 핵심 기준을 제안하고, 이들의 조합으로 나타나는 4가지 경우의 수로 서로 다른 미래상을 제시하는 것으로 나타났다. 이 때 제시되는 두 가지 축은 그것이 가장 중요한 판단 기준이라는 사실을 암시하므로(손준우, 2013) 축 내용의 비교는 각 연구의 관심주제를 구분하는 데 효과적인 지표가 된다. 딜로이트(2014)는 기업이 3D 프린팅 기술을 적용할 때 공급사슬 혁신과 제품 혁신을 두 축으로 하는 4가지 경로가 가능하다는 프레임워크를 제시했다. 기업 관점에서 3D 프린팅 기술은 “규모의 경제와 범위의 경제를 달성하기 위해 필요한 자본 규모를 감소”시킬 수 있는데, 공급망의 변화는 적층 가공 기술이 제

공하는 규모의 경제를 통해, 제품 진화는 범위의 경제를 통해 달성될 수 있을 것으로 예측했다. 해외 연구 중 D' Aveni(2015)도 이와 비슷하게 제조기업에서 3D 프린팅 기술이 확산되는 3가지 경로로 고가 제품에서 저가 제품으로 확산되거나 적층 공법으로의 전환이 가장 쉬운 부품에서 어려운 부품으로의 확산, 범용 부품에 먼저 적용되어 활용 범위를 점차 늘여가는 것을 제시했다. Rayna and Striukova(2016)는 산업 부문에서 일반 가정으로 기술 활용이 단계별로 확대되어 나갈 때 비즈니스 모델은 어떻게 변화해 나가야 하는지를 연구했다. 물류 기업 산하 연구소인 DHL(2016)은 부품의 주문형 생산화, 소비지에서의 생산과 같이 글로벌 물동량에 영향을 줄 수 있는 미래 시나리오들에 집중했다.

사회학 논문인 Birtchnell and Urry(2013)은 탐색적 시나리오를 활용한 연구들 중 유일한 비 경영학 분야의 연구이다. 두 개의 축이 직교하여 형성하는 4개의 시나리오를 탐구하는 일반적인 형식을 따르고 있지만 축의 내용은 앞서 언급한 연구들과 분명한 대조를 보인다. 한 축은 기술 발전의 주체가 대기업인가 개인 혹은 시민사회인가를 나누는 기업화정도(Corporitization)이고, 다른 한 축은 기술의 가격과 난이도 측면에서 일반인들이 얼마나 쉽게 접근할 수 있는가의 정도(Affordability)를 표시하여 시민의 역할에 주목하고 있다. 두 축의 조합으로 만들어진 시나리오는 ‘시제품에만 활용, 소비지에서의 제조, 지역사회에서의 공예, 가정에서의 PC 공장’ 으로 내용상 특별하지는 않다. 그러나 기술 발전에 따라 시제품 제작의 제한적인 사용에서 일반 가정에서의 생산으로 활용이 자연히 확대될 것이라는 일반적 관점과 달리 시민의 역할이

결과의 차이를 가져올 수 있다는 점을 기본 축 설정을 통해 드러냄으로써 새로운 결정인자에 대한 관심을 환기시킨다. 시나리오 설명에 있어서도 각각의 특징을 가장 잘 드러낼 수 있는 상황과 인물을 설정하여 이야기를 전개하는 과학 픽션(Science Fiction) 방법의 적용을 시도한다.

탐색적 시나리오의 7건의 해당 사례 중 국내 문헌은 1건에 불과해 국내 문헌에서의 활용 비중이 가장 낮은 방법론이었다. 해외 문헌의 경우 주로 비즈니스 전략 도출에 탐색적 시나리오를 활용하고 있는데 반해 3D 프린팅 기술 발전에 따른 주요 산업의 대응방안을 논한 국내 연구인 한국산업기술평가관리원(2013)이나 한국해양수산개발연구원(2014)은 각각 비전과 기술 시나리오의 방법론의 활용했다. 전자는 선진국과의 기술격차가 크지 않은 금속 재료 기반 3D프린팅 분야에 기존의 기술 강점을 활용한 효율적인 연구프로젝트를 추진해야 한다는 추상적 결론을 제시하고, 후자는 선진국 해운·물류 기업의 선도적인 조치들을 중장기적으로 따라가야 할 선례로서 소개하는 데 그쳐 한국의 금속산업과 해운·물류 사업에 대한 구체적인 전략을 도출했다고 보기는 어렵다. 산업 전략 도출 논의를 발전시키는 방안으로 탐색적 시나리오 방법론의 채택을 고려해 볼 수 있겠다. 또한 해외 문헌을 볼 때 탐색적 시나리오는 학술 논문에서도 활용될 수 있는 여지가 많은데, 국내 학술 논문들은 비교적 간단한 역사적 유추(이광호, 2014)를 제외하고는 어떤 체계적인 방법론도 활용하고 있지 않은 상황이므로 탐색적 시나리오의 적극적인 활용을 고려해 볼 수 있겠다.

4.1.3 기술 시나리오

기술 시나리오는 기술 발전에 초점을 두고, 그 발전 내용에 따라 가능한 미래상을 제시하는 방법이다. 3D 프린팅 기술은 대중적 관심을 받게 된 것이 최근일 뿐, 핵심 기술은 이미 80년대 개발되었다. 이전까지 시제품 제작에 제한적으로 사용해 오던 것에서 최종 제품 생산과 일반인들의 사용이 가능해지면서 소위 ‘제조업 혁명’을 가져올 기술로 주목 받게 된 것이다(박민우, 2013). 대다수 연구들이 3D 프린팅의 적용 범위의 확대를 위해 현재 기술 수준에서 극복해야 할 제약들을 나열할 뿐 구체적인 기술 발전 양상을 예측하는 데까지 나아가지 않으므로 기술 시나리오에 해당하는 경우는 많지 않았다. 기술 시나리오로 분류된 5건의 연구 중에서도 4건은 부분적 개선을 다루었고, 장기적 관점에서 3D 프린팅 기술의 급진적 혁신 가능성을 보여준 것은 Gershenfeld N. (2012)가 유일했다.

점진적 개선을 다룬 연구들을 공통적으로 사용 가능한 재료의 확대, 그 중에서도 금속 재료에 주목했고, 활용 범위가 확대될 것으로 예측했다. Atlantic Council(2011)은 3D 프린터를 고급형과 보급형으로 나누어, 고급형에서는 금속 재료 이용이 가능해지고, 보급형은 프린터 규모로 축소되어 일반 가정에서 사용이 가능해질 것으로 예측했다. 두 범주에서의 기술 혁신이 수렴하여 가정에서 사용할 수 있는 규모의, 금속 재료 이용이 가능한 프린터를 최종 발전 형태로 제시했다. Jiang R. et al(2017)에서는 기술 발전 측면을 반영한 ‘다양한 재료로 구성되고 전자부품과 결합된 제품’의 출현이 델파이 분석 대상 시나리오에 포함되었고, 전문가들 사이에서 높은 의견 일치를 보여 최종 유망 시나리오에까지 선정되었다. 한국해양수산개발원(2014)은 단기에는 느

린 조형속도와 제한적 재료 선택의 제약 상황들이 부분적으로 개선되어 글로벌 공급사슬에 미치는 영향은 제한적일 것이지만 중장기적으로는 물류 거점이 이동하고, 소규모 지역 운송의 비중이 커지게 되면서 정부와 운송 업계가 대응책을 마련해야 한다고 주장했다.

박민우(2013)는 3D 프린팅 기술발전의 속도가 2~3년내 현재 지목되고 있는 대부분의 문제들이 해결될 수 있을 정도로 빠를 수도 있지만 전기차처럼 생각보다 오랜 시간이 투자되어야 할 수도 있다는 인식 하에, 기술적 문제점을 중심으로 일반적으로 언급되는 3D 프린터의 장점과 효과에 대해 반론을 제기한다. 한 예로 주문형 생산 방식은 재고 관리에 대한 부담이 없어진다는 측면에서 이상적인 사업 구조이나, 현재의 3D 프린터 속도로는 소량의 주문 밖에 처리할 수 없다. 따라서 대량 주문이 발생할 경우 다시 금형을 사용할 수 밖에 없고, 비용 절감의 이점도 사라지게 된다. 그럼에도 불구하고 3D 프린팅이 미래 핵심 산업일 수 밖에 없는 이유는 가정용이 아닌 산업용에서, 제품의 디자인 수준을 높이는 데서 가치를 찾을 수 있기 때문이라고 밝히고 있다.

Gershenfeld(2012)는 실제 기술 개발에 참여하고 있는 연구자의 예측으로 기타 연구들과 차별화되는 3D 프린팅 기술에 대한 깊은 통찰을 보여준다. 저자는 3D 프린팅 기술을 실제 물리적 세계가 프로그래밍 대상이 되는 ‘디지털 제조(Digital fabrication)’의 구성 기술로서 이해하며, 혁신의 핵심은 적층과 절삭(additive vs. subtractive)의 공법 차이에 있는 것이 아니라 데이터를 사물로, 사물을 데이터로 바꿀 수 있는 능력이라는 점을 강조한다. 다수

연구들이 3D 프린팅이 시제품 제작에서 최종 제품 제작으로, 공장에서 가정으로 확대될 것인가에 주목하는 데 반해 3D 프린터의 미래로 드론의 한 부품을 만드는 것이 아니라 프린터에서 출력되어 바로 날 수 있는 완전한 동력체를 만드는 ‘3D 어셈블러’라는 개념을 제시한다. 디지털 제조 시대에는 누구나 언제든지 원하는 것을 만들 수 있으므로 새로운 시대 속에서 어떻게 배우고, 일하고, 놀고, 살아갈 것인가에 대한 근본적 성찰이 필요함을 역설한다.

기술 시나리오는 양적 분석과 함께 낮은 활용도를 보이는 방법론이나 국내외 연구의 해당 건수는 동일하므로 국내에서의 활용이 더 미진하다고 평가할 수는 없다. 그러나 국내 해당 사례인 한국해양수산개발원(2014)과 박민우(2013)는 모두 단기적으로 현재의 기술적 제약을 극복하기 어려울 것이라는 간단한 형태의 시나리오를 다루고 있으므로 장기적 관점에서, 기술의 혁신적 측면을 다루는 것으로의 확장을 기대해 볼 수 있겠다. 특히 Gershenfeld(2012)의 사례에서 보듯 실제 해당 분야에 속해 있는 연구자는 그만의 차별화된 시점을 나타낼 수 있으므로 참여 연구자의 범위를 늘려나가는 노력도 병행되어야 함을 알 수 있다.

4.1.4 역사적 유추

역사적 유추는 유사점을 가진 과거 사례로부터 미래를 예측하는 방법으로 어떤 측면에 주목하는가에 따라 다양한 사례가 동원될 수 있고, 기술 발전 경로부터 새로운 산업의 출현까지 다양한 사안에 대한 시사점을 얻을 수 있다. 컴퓨터가 처음 소개되었을 때에는 엄청난 크기와 복잡한 제반 시스템 때문에 각 가정에 하나씩 컴퓨터를 갖게 되리라고는 생각지 않았었지만 기술 발전으

로 크기는 압축되고 사용은 간편해진 것을 들어 3D 프린터의 가정 보급도 가능하리라는 예측이 가능하다. 전문샵이면 충분하리라는 예상을 깨고 각 가정으로 확산된 레이저 프린터도 같은 결론을 지지한다. 반면 1950년대 전자레인지가 출시 되었을 때 주방의 미래라고 칭송 받았지만 오늘 날 주방의 모든 것을 전자레인지가 대체하지는 않은 것처럼 과도한 기대는 경계해야 한다는 주의사항도 얻을 수 있다(Gershenfeld N, 2012) 유형의 사물이 무형이 되는 디지털화의 관점에서는 레코드 판에서 음악 파일로 진화한 음악산업처럼 제품 대신 3D 도면이 가치를 얻게 되고, 창작물의 소유자도 정당한 대가를 얻으며 전체 시장이 성장해 나갈 수 있으려면 합리적 가격의 파일 공유 플랫폼이 형성되어야 한다는 교훈을 얻을 수 있다(Rayna and Striukova, 2016). 박민우(2013)는 인적 자원 개발 방향에 대해 20년 전 새로운 지식산업으로 각광받았던 Auto CAD가 얼마 지나지 않아 많은 인력을 필요하지 않게 되었던 것처럼 3D 프린팅 역시 단기 교육으로는 기대한 만큼의 고용창출 효과를 낼 수 없을 것이라고 지적한다.

한편, 국내 연구에서는 특정 사례에서 부분적인 유사점을 도출하는 것 외에도 장기적 관점에서 생산과 소비의 패러다임이 어떻게 변화해 왔는지를 조망하고, 각각의 특징을 비교하는 가운데 3D 프린팅 기술을 매개로 등장하게 된 새로운 패러다임의 의미를 반추해보는 흐름도 두드러진다(한국디자인진흥원, 2013, 이광호, 2014). 이들은 논의 주제 측면에서는 소비자의 위상 변화와 디자인의 중요성을 강조하는 연구들이다. 해외 연구에서 비즈니스 측면 분석에 탐색적 시나리오가 주요 방법론으로 쓰인 것과 마찬가지로 국내에서도 주

제에 따라 선호되는 방법론이 형성되어 있음을 확인할 수 있다.

4.1.5 전문가 의견

전문가 의견은 단독으로 활용되거나 정량 분석을 위한 기초자료로 쓰였다. 특히 정량 분석의 기초자료로 쓰이는 경우 전문가 구성에 따라 결과가 달라질 수 있음에 유의해야 한다. Jiang R. et al.(2017)에서는 14명의 자문단 중 3명이 정보기술, 특히 관련 변호사들이었는데, 이는 최종 도출된 유망 시나리오 4가지 가운데 2가지가 지적 재산권 보호와 관련되어 있는 결과와 무관하지 않아 보인다. 자신의 전공 분야이기 때문에 높은 중요도와 실현가능성을 가진 것으로 평가했을 가능성이 있기 때문이다.

과학기술정책연구원(2015)과 산업연구원(2016)은 국내 산업 전문가들을 대상으로 의견을 수렴하여 글로벌 기관의 예측과 상이할 소지가 있는 국내 상황을 포착해내고, 3D 프린팅 기술의 활발한 적용이 기대되는 의료기기, 전자 및 스마트폰, 자동차 등 특정 산업 분야의 전문가 의견을 물어 현장에서 느끼는 활용가능성을 반영했다. 특히 두 연구 모두 3D 프린팅의 파급 효과가 제한적이라는 결과를 도출한 것은 실제 산업 현장에서 체감하는 바가 외부의 기대와 차이가 있을 수 있음을 암시한다. 그러나 Mckinsey(2015) 보고서가 기업 경영자들을 대상으로 3D 프린팅 기술에 대한 인식을 조사한 결과 응답자의 40%가 언론에서 다룬 것 이상으로 알지 못한다는 답변을 한 것에서 산업 현장에서의 의견도 완전히 독립된 것으로 존재하는 것은 아님을 알 수 있다. 국내 연구에서는 특히 전문가 의견 활용 빈도가 높게 나타나고 있으므로 전문가 의견의 한계를 분명히 인식하고 실제 연구에 적용하는 것이 중요하겠다.

4.1.6 비전

비전은 상기한 방법론들과 달리 바람직한 미래 상황을 가정하고 그에 이르기 위한 방법을 강구한다는 측면에서 가치 판단이 개입되는 규범적 방법론이다. 예측 방법론들 중 국내 연구 사례가 해외보다 월등히 많은 경우로 전략적 산업 육성을 목표로 삼는 공공 부문이 논의를 주도하고 있다는 사실과 연관 지어 이해해 볼 수 있다.

미래창조과학부(2013)에서 시행한 기술영향평가의 평가주제에는 윤리, 환경, 사회 분야에 걸쳐 의료 관련 항목이 포함되어 있는데, 이는 “2011년부터 의학분야에 응용할 수 있는 기술관련 출원이 이루어지고, 국내 기술이 의학분야에서만은 선진국에 뒤지지 않는다고 볼 수 있다”는 사실이 반영된 것이다. 의학 분야를 전략 적으로 육성하기 위해서는 3D 프린팅 기술의 바이오메디컬 적용과 관련한 제도들이 선제적으로 마련되어야 한다는 필요성에 의해 의료분야로의 적용, 허용 범위, 의료보험 적용 여부 등 매우 구체적인 토론 의제가 설정되었다.

3D 프린팅 제조혁명에 대한 금속산업의 대응방향을 다룬 한국산업기술평가원(2013)의 연구 역시 개인용으로 확산된 플라스틱 기반 3D프린팅 기술은 선진국과의 격차가 크지만 금속 소재는 의료 등 특정분야에 국한되어 개발 초기 단계라는데 주목하여 한국이 강점을 지닌 소재기술과 IT 기술을 융합하여 수요산업과 연계해 효율적인 연구개발 프로젝트를 실행할 것을 제안하고 있다. 전북테크노파크(2015)는 지역 경제 성장을 목표로 지역의 전략 육성산업인 자동차·기계, 융복합소재, 식품산업과 3D 프린팅 기술이 융합하여 시너지 효

과를 창출할 수 있는 가능성을 탐색하고, 거점 도시 유치 등의 추진 전략을 제안하고 있다. 조종학(2015)은 3D 프린팅 기술이 접목된 영상 산업이 (당시 경제 아젠다인) 창조 경제에 부합되는 산업이 될 수 있음을 강조하며 해외 사례 소개를 통해 국내 산업의 성장 방향을 제시하고 있다.

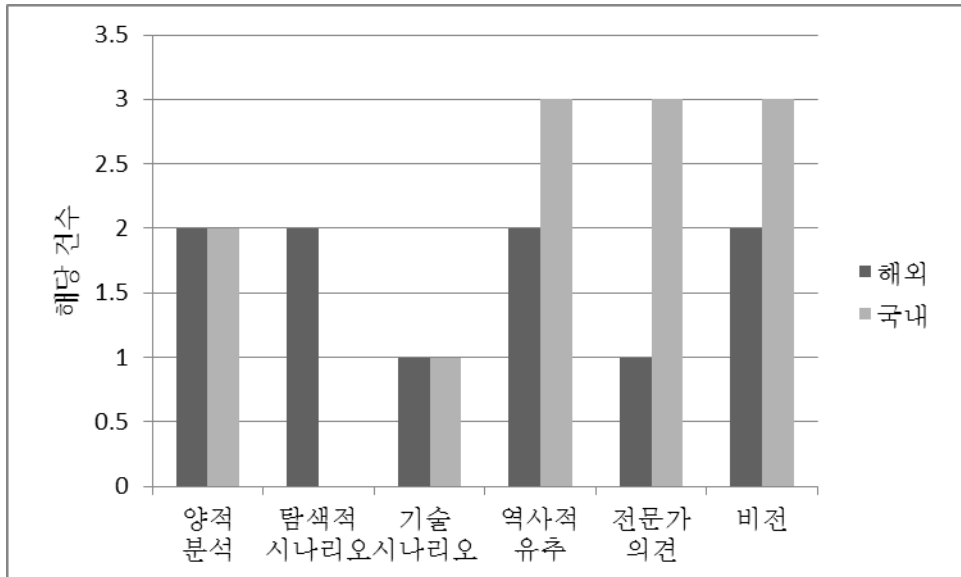
해외 문헌들은 산업 육성이 아닌 시민의 참여와 환경 문제의 해결 등 보편적인 가치 실현에 주목하는 모습을 보였다. 사회적 시나리오에서 언급했던 Birtchnell and Urry(2013)의 연구는 기술의 기업화 수준이 높아 혁신주체로서 시민의 역할이 제한적이고 기술에 대한 접근성이 낮은 시제품에의 제한적 활용 시나리오를 가장 부정적인 것으로, 기업화 정도가 낮고 접근성이 높은 일반 가정에서의 자유로운 이용 시나리오를 가장 이상적인 것으로 상정한다. 시민들이 주체적으로 기술을 이용하고, 창의력을 발휘할 수 있는가를 중요한 판단기준으로 적용했기 때문이다.

Despeisse et al.(2017)은 폐기물이 없는 친환경적 시스템인 순환경제로의 전환에 3D 프린팅이 기여할 수 있기 위해서는 어떤 연구들이 이루어져야 하는지를 되짚어보았다. 3D 프린팅 기술은 제작 과정에서 낭비되는 재료를 최소화하고, 단종의 우려가 없는 부품 생산으로 제품 사용 주기를 늘릴 수 있는 등 환경오염을 줄일 수 있는 가능성을 가지고 있지만 기술 발전 경로가 자연스럽게 긍정적인 방향으로 이어지는 것은 아니므로 초기 단계부터 의식적인 노력이 필요하다는 문제의식을 분명히 하고 있다. 사무실의 전자화로 종이 사용량이 줄 것이라는 예상과 달리 기록 및 보관 용도로 종이 사용량이 늘어난 것처럼 긍정적 기대가 언제나 그대로 실현되는 것은 아니기 때문이다. 3D 프

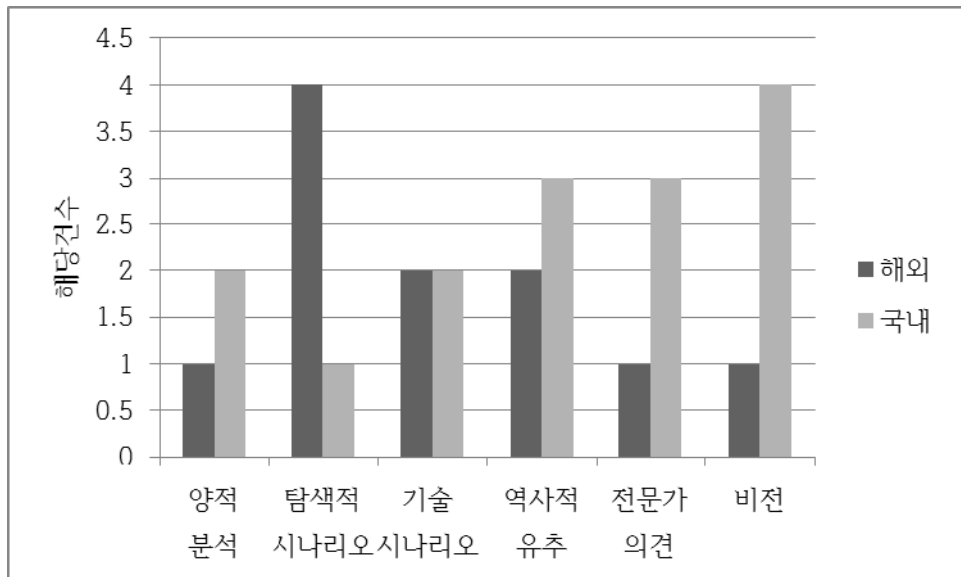
린팅 기술이 지속가능성에 긍정적 효과를 미칠 것인가, 부정적 효과를 미칠 것인가, 어느 방향의 가능성이 더 높은가를 탐구한 환경 주제의 다른 연구들(Chen et al., 2015)과는 연구 목적과 접근 방식이 구분된다. 신기술의 역기능이나 위험요소를 사전에 인지하여 규제하는 것에 그치지 않고, 기술의 잠재력을 최대한 발현시킬 수 있는 방안을 탐구한다는 측면에서 가장 진일보한 형태의 기술 영향 평가 시도로 볼 수 있다(Porter, 1995).

4.1.7 소결

국내 논의 등장 초기 민간 보고서에는 문헌조사 외에 뚜렷한 예측 방법론이 나타나지 않지만 시간이 지날수록 다양한 방법론이 적용되고, 특히 최근에는 자체 분석 틀을 구축하여 양적 분석을 시도 하고 이를 바탕으로 기존의 기대 수준에 과장된 측면이 있었다는 것을 지적하는 등 발전된 모습을 보인다. 방법론의 사용 빈도가 해외 문헌과 비교해 가장 낮았던 것은 탐색적 시나리오였다. 해외 문헌에서는 비즈니스 전략 연구에서 많이 사용되는 방법으로, 국내의 경우 공공 부문이 논의 초기 이슈 소개 역할에 그친 산업계를 대신하여 대응 방향을 연구하지만 그 접근방식은 기업 전략을 전문으로 하는 컨설팅 기업이나 경영대학원의 것과는 다름을 알 수 있었다. 국내 공공연구기관이 중심적 역할을 수행하게 되면서 3D 프린팅과 연계한 특정 산업의 발전, 지역 경제의 활성화를 목표로 절차와 전략을 모색하는 규범적 성격이 강화되었다. 기술 시나리오는 기술 개발에 직접 참여하고 있는 전문가가 참여한다면 기술의 함의와 발전 과정에 대해서 관찰자들과는 차별화된 통찰을 제공할 수 있음을 보여주었다.



[그림 2] 학술논문의 예측방법론 분포 비교



[그림 3] 민간보고서의 예측방법론 분포 비교

4.2 논의주제에 따른 분석

본 절에서는 3D 프린팅 기술로 인해 예측되는 변화로 어떤 것들을 다루고 있는가에 따라 문헌들을 분류하고, 국내외 문헌을 비교·분석한다. 주제 분류 기준은 국내에서 시행된 공식 기술영향평가(미래창조과학부, 2013)를 기초로 하되, 분석 대상 문헌들의 내용 분석 결과를 반영하여 일부 수정을 거쳐 사용한다. 문헌들마다 해당하는 주제를 표시하는 형식은 게이미피케이션(Gamification)에 대한 문헌 분석을 시도한 Christian S. & Michael. A(2015)의 연구를 참조하여 주제 분포를 한 눈에 알아볼 수 있는 표로 제시한다([표 5] 참조).

경제, 문화, 환경, 사회의 4가지 대분류 아래, 논의가 집중되어 있는 경제 부문은 제조과정 및 기업경영, 산업 구조, 글로벌 경제로 분석 범위에 따른 중분류를 추가하여 총 17개의 소주제가 도출되었다. [표5]는 해당주제에 관해 긍정적인 예측을 한 것은 ‘◆’ 부정적인 예측을 한 것은 ‘◇’ 로 구분하여 표시한 분류표이다. 긍정적 예측이 주를 이루지만 긍정적 예측 일변도의 주제는 많지 않고, 소수의 부정적 예측이 공존하는 주제가 대부분이다. 해당 주제를 다른 빈도수를 비교해보면 국내외를 막론하고 경제 분야가 문화, 환경, 사회의 기타 분야를 모두 합한 것의 1.5배 이상으로 3D 프린팅 기술의 경우 경제적 효과에 대한 관심이 높게 형성되어 있는 것을 알 수 있다.

[표 5] 논의주제 분류표

	경제								문화		환경		사회			
	제조과정 및 기업경영				산업구조		세계경제									
저자	제고 감소	제작 속도, 효율 향상	본산형 공급사슬	맞춤형 제품	비즈니스 모델 변화	기존 산업에 미치는 영향	플랫폼 출현	일자리 창출	개도국, 선진국에 미치는 영향 제조업 회귀	소비자의 위상 변화	디지털이와 제품의 직접 연결	DIY 문화	탄소 배출 감소	자원생산성 향상, 폐기물제로	지적 재산권 보호	인적자원활용
Birtchnell T., & Urry J. (2013)				◆						◆				◇	◆	
Chen D. et al.(2015)	◆	◆		◆					◆	◆			◆	◇		
Weller C. et al(2015)	◆	◆	◆			◆										
Bogers M. et al. (2016)			◆		◆				◆	◆						
Rayna T. & Striukova L., (2016)					◆					◆						
Ford S. & Despeisse M. (2016)	◆	◆	◆											◆	◆	
Despeisse M. et al.(2017)	◆	◆	◆											◆	◆	
Jiang R. et al(2017)			◆				◆		◆							◆
Atlantic Council(2011)	◆		◆			◆		◆	◆	◆	◆		◆	◆	◆	
Berman B. (2012)		◆		◆			◆				◆				◆	
Gershenfeld N. (2012)				◆			◆		◆						◆	◆
Mckinsey (2013)		◆	◆	◆								◆	◆		◆	
Mckinsey (2014)	◆		◆		◆	◆										◆
D'Aveni(2015)	◆		◆		◆		◆		◆							
Holweg M.(2015)		◇	◇						◇							
Kietzmann J. et al. (2015)	◆		◆		◆	◆				◆					◆	
Mckinsey (2015)					◆											
DHL (2016)	◆		◆		◆	◆										
미래창조과학부(2013)	◆	◆		◆		◆	◆					◆	◆		◆	◆
한국디자인진흥원(2013)				◆		◆	◆		◆			◆	◆			
정보통신정책연구원(2013)							◆		◆			◆				
한국산업기술평가관리원(2013)						◆										
산업연구원(2014)		◆				◆								◆		
한국해양수산개발원(2014)	◆		◆			◆										
과학기술정책연구원(2015)					◆	◇									◇	
경기과학기술진흥원(2015)								◇						◇	◆	
전북테크노파크(2015)		◆				◆										
산업연구원(2016)	◆	◆	◆			◇		◆								
김성익, 오창선(2013)				◆		◆	◆				◆				◇	
이광호(2014)				◆			◆				◆	◆				
조종학(2015)						◆										
KT 경제경영연구소(2012)				◆		◆		◆	◆							
박민우(2013)		◇		◆		◆		◇	◆		◆				◆	
LG 경제연구원(2013, a)									◆							
LG 경제연구원(2013, b)					◆	◆				◆						
딜로이트(2014)		◆	◆	◆	◆	◆			◆							

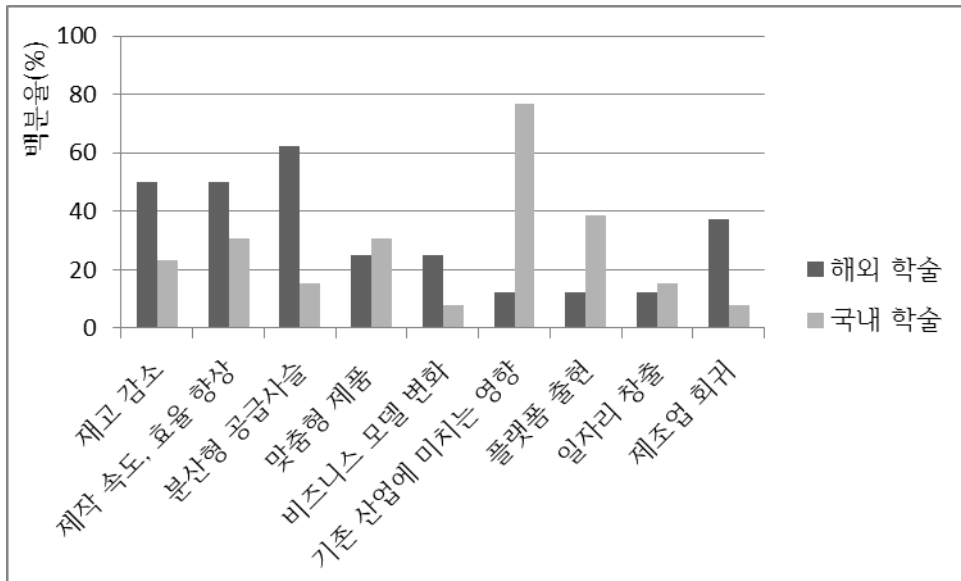
4.2.1 경제

공식 기술영향평가(미래창조과학부, 2013)에서는 경제부문을 ‘제조업 구조 변화’와 ‘신산업 창출’로 나눠 기존 분야에 대한 변화와 새로 생겨나는 분야의 ‘신-구 프레임’을 적용하였으나 본 연구에서는 개별 기업, 산업 구조, 세계 경제에 이르는 분석 수준에 따른 중분류로 수정했다. 기술영향평가에서는 제조업 구조변화의 소주제로 ‘다품종·맞춤형·소량생산 형태로 변화’ ‘첨단 제조업 부흥’, ‘아웃소싱, 유통 및 재고관리 체계 변화’를 채택하고, 신산업 창출의 소주제로는 ‘온라인 마켓과 연계’ ‘3D 모델링 및 스캐닝, 프린팅 전문 기업’ ‘무단복제 방지 산업’ ‘창업 활성화’를 지목했다. 그러나 이 같은 분류는 3D 프린팅의 핵심 잠재력으로 꼽히는 맞춤형 생산에는 대부분의 문헌이 해당하는 반면, 3D 프린팅에서 파생되는 무단복제 방지 산업에 주목하는 문헌은 하나도 존재하지 않는 등 비대칭적인 특징을 보였다. 따라서 생산 과정에 관련되는 3D 프린팅의 기술적 장점은 ‘재고 감소’ ‘제작 속도, 효율 향상’ ‘분산형 공급사슬’ ‘맞춤형 제품’으로 세분화 하고, 달라진 생산 환경에 맞는 수익 구조를 고민하는 ‘비즈니스 모델 변화’ 항목을 추가했다. 산업에 대한 3D 프린팅의 긍정적 영향에만 주목한 ‘첨단 제조업 부흥’ 항목을 ‘기존 산업에 미치는 영향’으로 범위를 확장시키고, ‘온라인 마켓과 연계’ ‘3D 모델링 및 스캐닝, 프린팅 전문 기업’을 포괄하여 3D 도면을 중심으로 주문부터 생산 및 유통까지 전 과정이 이루어지는 ‘플랫폼 출현’ 항목으로 통칭했다. 산업 구조의 변화는 일자리 수의 증감으로 이어지고, 신기술로 인한 일자리수의 변화는 사회적 함의가 크기 때문에 ‘일자리 창

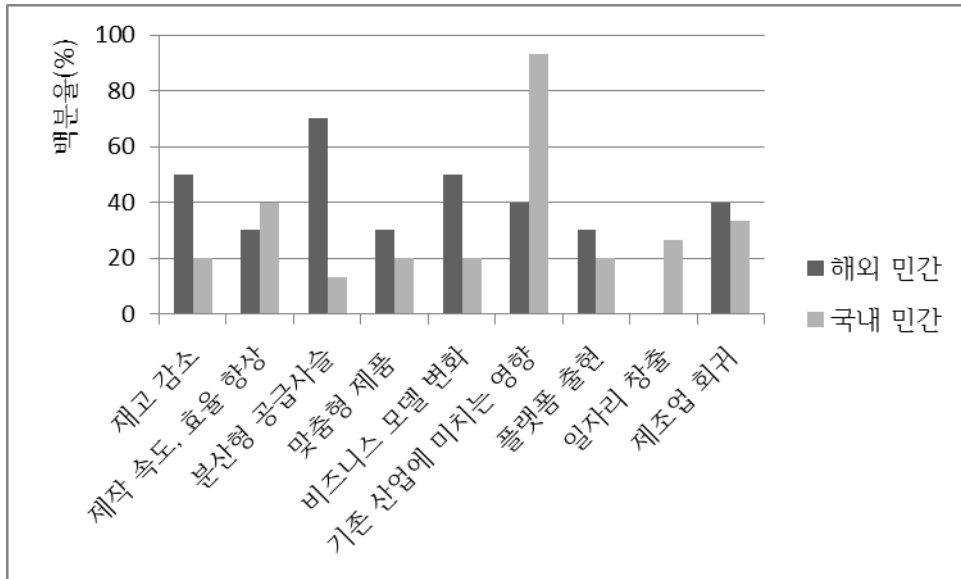
출’ 항목을 추가했다. 세계 경제 측면에서는 3D 프린팅 기술로 인해 선진국에는 일자리 창출과 생산성 향상이 기대되지만, 개도국에서는 제조업 일자리가 사라질 수 있어 국가에 따라 다른 영향을 미칠 수 있음을 지적하는 항목을 추가하였는데, 특히 선진국의 기대가 집중되는 것은 저렴한 노동력을 찾아 해외로 빠져나갔던 제조업의 본국 회귀 현상이다.

[그림 4]와 [그림 5]는 각각 학술 논문과 민간보고서에서 해당 소주제를 다룬 문헌의 비중을 나타낸 것이다. 국내문헌에서 가장 눈에 띄는 것은 기존 산업(제조업)에 미치는 영향에 관한 높은 관심이다. 학술논문과 민간보고서 양측 모두에서 80%에 근접한 비중을 보임으로써 대부분의 문헌에 빠짐없이 등장하는 최대 관심사임을 드러냈다. 산업 구조 변화에 대한 높은 관심에서 일자리 창출 항목에서 해외 문헌보다 높은 비중을 보이고 있는 것도 이해할 수 있다. 반면 해외 문헌에서 높은 관심을 받고 있는 3D 프린팅 시대에 대비한 비즈니스 모델의 변화에 대해서는 학술과 민간 부문에서 국내 문헌의 비중이 10%이상 낮았다. 3D 프린팅으로 인해 제조 비용이 하락하면 상대적으로 물류 비용의 비중이 커지게 되고, 경제성을 향상시키기 위해서 생산 시설이 소비지로 이동하게 되는 것을 뜻하는 ‘분산형 공급사슬’ 항목은 해외 문헌에서는 60% 이상의 비중을 차지한 데 비해 국내 문헌에서는 20% 미만으로 관심도에 있어 큰 차이를 나타냈다. 생산 시설의 이동을 개별 기업의 공급사슬 관리 측면에서 세계 경제로 확대하면 제조업의 선진국 회귀로 국제 무역 경쟁력이 변화할 수 있는 가능성과 연결되는데, 이 역시 해외 문헌에서는 양 부문에서 40%의 고른 비중을 보이는 주제였음에도 국내 문헌에서는 민간 보

고서에서만 언급되었을 뿐 공공연구기관의 보고서에서는 언급되지 않았다.



[그림 4] 경제분야 주제 분포 비교(학술 부문)



[그림 5] 경제분야 주제 분포 비교(민간 부문)

국내 문헌에서 기존 제조업에 미치는 영향에 관심이 집중되고 글로벌 제조업 중심지의 이동 이슈는 두드러지지 않는 것은 경제 발전 단계의 차이가 반영된 것으로 추측해 볼 수 있다. 미국과 유럽은 자국의 하락한 제조업 경쟁력을 회복시켜줄 기술로서 3D 프린팅에 주목한다(딜로이트, 2014). 현재처럼 중국에서 생산한 뒤 세계 각국으로 수송하는 것보다 3D 프린팅을 이용하면 미국에서 생산하는 것이 훨씬 비용 효율적이 될 것이기 때문에 소비재 수출 주도로 경제를 구축한 중국, 일본, 독일은 상대적 침체를 경험할 것이라는 예측을 내놓는다(Atlantic Council, 2011). D' Aveni(2015)는 보다 노골적으로 중국을 세계의 공장으로 만들었던 힘은 약화될 것이라고 단언한다. 고도로 유연하고 분산화된 소량 생산체계에서는 어떤 저렴한 노동력으로도 세계 각지의 운송비용을 상쇄할 수 없고, 친공급자 기업 정서에 길들여진 매니저들은 소비자 맞춤 환경에서 경쟁할 수 없을 것이기 때문에 중국에 대해 비관적인 전망을 제시한다. 이들은 모두 20년간 부와 일자리가 대거 동쪽으로 이동했던 흐름을 바꿀 수 있는 기술이 될 것이라는 선진국의 이해관계를 대변한다. 반면 한국은 선진국에 비해 제조업 경쟁력 회복이 시급한 상황이 아니므로, 자동차, 전자기계 등 현재 주요 제조업을 3D 프린팅을 통해 어떻게 혁신할 것인지, 그를 위해서는 어떤 산업 정책이 필요한지에 관심을 두게 되는 것이다.

4.2.2 문화

문화 부문에서는 공식 기술영향평가의 평가주제인 ‘대중의 소비문화 변화’를 그 원인이 되는 ‘소비자의 위상 변화’와 결과인 ‘DIY(Do It Yourself) 문화 확산’으로 나누었다. 맞춤형 제품 생산의 보편화로 소비자의

선호가 더욱 중요해지고, 나아가 개인들이 3D 프린터를 이용해 직접 생산에 참여하게 됨으로써 소비자의 위상이 급격히 높아지는 변화를 경험하게 된다. 직접 생산의 증가는 현재 소수의 취미활동으로만 여겨지고 있는 DIY(Do It Yourself) 문화를 확산시킬 것이다. 디자이너가 직접 제품을 생산할 수 있게 되고, 제품 자체가 아닌 설계도를 거래하게 되면서 디자인의 가치가 더욱 증대하는 것은 ‘디자인 혁신’ 항목으로 포착하고자 했다.

‘소비자 위상변화’는 해외 문헌에서는 학술 부문 4건, 민간 부문 3건으로 총 7건의 사례가 관찰된 반면 국내 문헌에서는 공공기관 보고서 1건, 민간 보고서 1건으로 2건에 불과했다. 반면 ‘디자인 혁신’과 ‘DIY 문화 확산’에서는 각각 해외 문헌 2건에 국내 문헌 3건, 해외문헌 1건에 국내 문헌 4건으로 국내 문헌의 관심이 더 높음을 확인할 수 있었다.

해외 문헌에서 소비자 위상변화는 비즈니스 모델과 연결되어 소비자의 역할이 수동적인 소비에서 적극적인 선호 표현과 생산에의 참여까지로 변화할 때 기업은 어떤 차별화된 가치를 제공할 수 있고, 그로부터 얼마만큼의 수익을 창출해 낼 수 있는가를 분석하는 배경이 된다(Bogers M. et al., 2016, Rayna T. & Striukova L., 2016). 반면 국내에서는 비즈니스 전략과는 별개로 거시적인 소비 문화의 변화과정에 주목하는 연구가 이루어졌다. 한국디자인진흥원(2013)은 소비자의 역할 확대에 주목해 산업사회, 정보화 사회, 3D 프린팅 사회(가칭)로의 발전 과정을 설명한다. 산업사회에서는 상품 제조 기술과 유통망을 모두 기업이 소유하고 있었지만 정보화사회가 되면서 인터넷 네트워크를 통해 상품에 대한 정보를 공유하고, 유통 채널로 소비자를 직접 활용할 수

있게 되었다. 3D 프린팅 기술이 확산되면 실시간 주문 생산과 맞춤 생산뿐 아니라 소비자 스스로 제작하여 소비할 수 있는 데까지 그 역할이 확장될 수 있다. 이 새로운 소비 혁명은 ‘소비와 제조의 결합’ , ‘3D 프린팅을 매개로 한 소비자 커뮤니티’ 의 키워드로 정리될 수 있다.

‘디자인 혁신’ 에 대한 국내의 높은 관심은 분석 대상 학술 논문들 중 다수가 디자인 분야에서 작성된 것에서 힘입은 바 크다. 3D 프린팅 기술에 대한 디자인 분야의 관심은 ‘정부의 정책기조인 창조 경제를 실현하는데 핵심적인 역할(박현욱, 이종호, 2016)’ 을 할 수 있다는 기대가 반영된 것으로 보이고, 실제로 ‘창조적 활용, ‘창조경제’ 등이 키워드로 쓰이고 있었다. 그러나 문제 의식에서부터 결론에 이르는 전체 구조가 비슷하여 내용 면에서 큰 변화를 발견하기는 어려웠다. 이들의 주 관심은 3D 프린팅 기술로 맞춤형 소량생산이 가능해지는 제조환경에서 디자인 산업이 나아가야 할 방향을 제시하는 것이었고, 공통적으로 그리는 미래는 ‘3D프린터(장비), SNS 서비스(플랫폼), 콘텐츠(디자인)가 융합된’ (김성익, 오창석, 2014) 유통 플랫폼이었다. 공공부문에서 기존 제조업에 비해 상대적으로 주목을 받지 못했던 신산업인 3D 프린팅 서비스 산업을 대상으로 융합 산업의 청사진을 제시한 것은 의미 있는 시도였으나, 예측 방법론에 있어서는 문헌조사를 통해 기술의 원리와 현황을 파악하고, 선진국의 활용 사례를 수집하는 정도에 그쳤다. 국내 디자인 산업의 발전 방향 도출하는 것이 연구목적이었으나 국내의 특수한 상황을 검토해보려는 시도가 없었고, ‘콘텐츠 개발과 시스템 구축, 관련 저작권 보호제도로 3D프린팅과 디자인융합을 촉진시키는 디자인 생태계를 만들어야 한다’ 는 일반론적 결

론을 벗어나지 못했다.

‘DIY 문화 확산’은 국내 문헌의 비중이 높을 뿐 아니라 해외 문헌에서는 다루지 않은 사항을 선도적으로 다루었다는 측면에서 특별한 의미를 갖는 소주제이다. 한국디자인진흥원(2013)은 3D 프린팅이 가져 올 소비자의 위상과 소비문화의 변화를 다루었으나 한국의 특수성을 고려하는 데까지는 나아가지 못했다. 3D 프린팅은 지금까지 소수에게만 허락되었던 “나만의 아이디어가 실제 물건으로 만들어지고, 결과물에 대해 자신의 의견을 충분히 반영할 수 있는 경험”이 보편화되는 새로운 문화를 수반하는 기술임을 언급했지만, 이 같은 문화가 한국에서도 정착되어 3D 프린팅이 빠르게 확산될 수 있을 것인가에 대해 의문의 여지를 제기하지 않은 것이다.

반면 정보통신정책연구원(2013)은 디지털 제조에 대한 수요가 존재하는 가장 큰 이유는 선진국들을 중심으로 소비자들의 구매력이 향상하고 있기 때문임을 지적한다. 한국은 선진국에 비해 구매력이 아직 충분히 존재하지 못하고, 자아실현 욕구를 해소하기 위한 여가 시간도 부족하기 때문에 모든 국민이 고르게 참여함으로써 지속적으로 혁신이 일어날 수 있는 환경 조성이 선행되어야 한다고 주장한다. 일반인의 3D 프린팅 활용이 제한적일 것이라는 예측은 가격이 하락하면 사용자층은 자연히 확대될 것이라는 해외 문헌의 예측과 차별화되며(Kietzmann et al., 2015) 문화적 차이에 따라 예측이 달라질 수 있음을 보여주는 사례다.

실제 해외 선진국에서도 가격은 하락하였지만 사용자들은 무엇을 만들어야 하는지 알지 못하고 있어 기대만큼 확산되고 있지 않다는 현장에서의 목소리

가 보도되고 있어(PwC, 2017) 정보통신연구원(2013)의 문제제기가 한국의 특수한 사례에만 국한되는 것은 아니었음이 드러났다. 그러나 이후 후속 논의가 뒤따르지 않아 이른 문제제기에도 불구하고 국내에서 논의가 확장되지 못한 아쉬움을 남긴다.

4.2.3 환경과 사회

환경 부문에서는 유통구조 단순화로 인해 탄소 배출량이 감소하고, 제작 과정에서 재료 낭비를 줄임으로써 자원 생산성이 향상되고, 궁극적으로는 폐기물 제로를 실현할 수 있다는 가능성이 주목 받았다. 사회적 측면에서는 3D 프린팅 도면의 자유로운 거래로 인해 지적 재산권 보호에 새로운 새로운 패러다임이 필요하며 인적 자원 활용에도 변화가 발생할 것이라는 예측이 나타났다.

국내 문헌에서는 신기술의 영향 범위를 가능한 폭 넓게 예측하려는 공식 기술영향평가(미래창조과학부, 2013)을 제외하면 환경과 사회 이슈를 포함한 문헌이 각각 3건에 불과했고, 해당 이슈를 핵심주제로 다루고 있는 연구는 하나도 없었다. 따라서 아직까지 경제적 측면 이외의 변화에 대해서는 활발한 연구가 이루어지고 있지 않다고 평가할 수 있다. 그러나 해외 문헌에서는 환경 부문을 핵심으로 하는 3D 프린팅 기술의 ‘지속가능성(sustainability)’을 주제로 한 연구가 8건의 학술 논문 중 3건에 달할 정도로 폭 넓은 관심이 형성되어 있었고, 자원 생산성 향상이 극대화 되어 폐기물이 발생하지 않는 ‘순환 경제(circular economy)’의 개념도 소개되고 있었다(Mckinsey, 2014, Despeisse et al.,2017).

특히 빈도 수에 있어서 환경 부문은 해외 문헌과 큰 차이를 보였는데, 해외 문헌은 탄소 배출 감소에 5건, 자원 생산성 향상에 6건이 해당된 것에 반해 국내 문헌은 각각 2건에 불과했다. 이 차이는 환경 문제를 보는 시각의 차이에서 비롯된 것으로 추측된다. 경영·경제 측면에서 적층공법을 연구한 학술논문들을 모아 주성분 분석(principal components analysis, PCA)을 통해 8개의 핵심 소주제를 도출한 Niaki&Nonino(2017)에 따르면, 적층 공법이 에너지 소비를 비롯한 환경에 미치는 영향이 최적 적층 공법 프로세스 채택, 적층 공법이 공급사슬 관리에 미치는 영향, 제품 디자인과 생산 비용에 미치는 영향과 함께 분석대상 53개 논문의 절반 이상을 설명하는 주요 요인으로 선택되었다. 적층 공법 기술 활용에 있어 에너지와 물질 사용의 감소는 환경 측면에서는 오염 저감일 뿐 아니라 경제적 측면에서는 비용 감소로 긴밀히 연결되어 있어 해외 문헌에서는 경제적 측면과 환경적 측면을 구분하지 않고 통합하여 제시하는 경우도 있다(Chen et al. et al., 2015). 경영·경제 관련 영향을 다룬 논문들에서 환경 영향평가가 4번째 중요도를 가진 주제로 나타난 것은 자원과 에너지 사용 절감이 경제적 측면에서 이해되고 있는 경우가 많음을 보여주는 것이다. 그러나 국내 문헌에서는 이 둘을 분리하여 인식하고 있어, 경제적 효과 논의에 비해 차지하는 중요성이 훨씬 작아진 것으로 이해할 수 있다.

지적 재산권 보호는 3D 프린팅 기술이 야기할 수 있는 사회적 문제로서 가장 먼저 손 꼽히는 사항이다. 국내 문헌에서는 경기과학기술진흥원(2015)이 이를 핵심주제로 삼아 연구를 진행했고, 과학기술정책연구원(2015)은 대부분의 연구와 달리 지적 재산권 보호가 관련 산업 발전에 큰 걸림돌로 작용하지

는 않은 것이라는 예측을 내 놓았다. 해외 문헌에서도 지적 재산권 보호가 핵심주제로 등장하는 경우는 많지 않았다. Gershenfeld N.(2012)은 음악, 소프트웨어 산업에서 파일 복사 방지 기술은 실패하고 편리하게 합법적 구매가 가능한 앱스토어가 발전되었듯이 디지털 제조 파일도 같은 방식으로 거래될 수 있을 것이며, 소스를 오픈하는 대신 부가 서비스로 수익을 내는 소프트웨어 산업의 수익 구조가 하드웨어로도 확대될 것으로 전망했다.

사회 부문에서 인적 자원 활용 이슈를 다룬 연구는 3건이 있는데, 관점에 따라 상이한 내용을 다루고 있었다. Mckinsey(2014)는 기업 관점에서 R&D 전반에 관한 인식이 전환될 수 있음을 제시한다. 원격 협력을 통해 크라우드 소스 아이디어가 활발하게 사용되면 이들이 기존의 기업 내부 연구활동을 대체할 수 있고, 경영자들에게는 이들을 관리하는 것이 우선순위가 될 수 있다는 것이다. Gershenfeld N.(2012)은 3D 프린팅으로 청소년들은 자신의 아이디어를 구현할 수 있는 능력을 갖게 되고, 발명의 기회가 대학 연구실을 벗어나 지역사회로 확대되면서 전 세계적으로 인적 자원 활용이 극대화 될 것이라 기대를 표하고 있다. 국내 연구인 미래창조과학부의 기술영향평가(2013)에서는 3D 프린팅으로 인해 인적 자원 활용이 어떻게 변화할 것인가가 아닌 3D 프린팅 산업 육성을 위해서는 인적 자원을 어떻게 교육시켜야 할 것인가의 문제를 다루면서 3D 프린팅 교육을 의무화하고, 전문 인력을 늘릴 것을 제안했다.

4.2.4 소결

본 절에서는 기술 이해방식을 기준으로 위에서 분석한 네 분야의 논의 주제

분포 차이에 대한 종합적인 설명을 시도한다. 기술 이해방식이란 해당 기술을 어떤 기술과 경쟁 관계로 이해하고, 어떤 기술과 보완관계로 이해하는가와 관련한 것인데(Coates, 1998), 3D 프린팅과 관련해서는 2가지의 이해방식이 존재하고, 그에 따라 서로 다른 용어가 쓰이고 있음이 관찰되었다. Gershenfeld, N (2012)이 지적했듯 3D 프린팅 기술을 이해하는 일반적인 방식은 적층 vs. 절삭의 경쟁구도이며, 미국엔지니어협회에서 2012년 공식 채택한 적층 제조(additive manufacturing)라는 용어에도 이러한 시각이 반영되어 있다. 반면 3D 프린팅을 정보통신기술과 보완 관계로 이해하는 시각에서는 디지털 제조(Digital fabrication)라는 용어를 사용한다. 이 때 3D프린팅 기술은 오픈소스 하드웨어와 온라인 커뮤니티를 통해 공유되고 발전되는 설계를 직접 구현할 수 있게 해 주는 디지털 도구로서의 의미를 갖는다(정보통신정책연구원, 2013).

적층 vs. 절삭의 경쟁구도에서는 3D 프린팅이 기존 제조공정을 얼마나 대체할 수 있고, 절삭 공법 대비 비용과 시간 측면에서의 어느 정도 우위를 갖는지를 파악하는 것이 주된 관심사가 된다. 절삭 가공 방식 대비 3D 프린팅의 경제적 효과를 시제품 제작기간 단축, 시제품 제작 비용 절감, 제조 원가 및 재고 비용 절감 등의 항목으로 나누어 향상 정도를 정량적으로 산출한 산업연구원(2016)이 대표적 사례다. 반면 디지털 제조에서는 이전까지 생산 능력이 없었던 개인들이 자신의 아이디어를 구현할 수 있는 수단을 갖추게 되는 것이 변화의 핵심이다(정보통신정책연구원, 2013). 따라서 개인이 직접 제조에 참여하는 새로운 생산방식과 소비문화에 주목하게 된다. 국내 연구에서는

정보통신정책연구원(2013)과 디자인 분야의 학술논문(김성익과 오창선, 2013; 이광호, 2014)들이 디지털제조 개념을 사용했고, 이들의 예측은 ‘플랫폼’을 강조한다는 공통점을 보였다.

산업 구조 측면에서 주도 기업에 큰 변화가 나타나지 않을 것이라는 국내 공공연구기관의 예측과(과학기술연구원, 2015; 산업연구원, 2016) 비즈니스 모델의 혁신이 필요하며 틈새 시장에서 강력한 경쟁기업이 등장할 것이라는 해외 문헌들(Rayna and Striukova, 2016; Kietzmann et al., 2015)의 온도차이도 이 같은 관점에서 이해해 볼 수 있다. 적층 제조는 단기간에 절삭 공법을 대체하기는 어려울 것이므로 기존 제조 기업에 미치는 영향이 제한적일 수 있지만 사용자의 역할을 변화시키는 디지털 제조의 관점에서는 소비자를 상대하는 모든 기업이 새로운 이윤 창출 매커니즘을 만들어내야 한다는 결론에 이를 수 있다. 주도 기업에 큰 변화가 생기지 않는다는 예측과 새로운 기업과 수익모델이 등장한다는 예측은 완전히 상반된 내용인데, 불확실한 미래에 대한 리스크를 줄인다는 측면에서 본다면 두 가지 기술 이해 방식이 균형 있게 공존하며 양 극단의 논의가 모두 이루어지는 것이 바람직할 것이다.

환경 분야의 논의에서도 기술을 이해하는 방식이 연구 방향에 어느 정도 영향을 미쳤음을 추측할 수 있다. 절삭공법과의 경쟁구도에서는 기존 공법 대비 온실 가스 배출량이나 에너지 소비량이 얼마나 감소될 것인가에 관심이 집중되지만(Chen et al., 2015, Ford S. & Despeisse M., 2016), 디지털 제조에서는 순환경제로의 패러다임 전환을 가능하게 하는 생산기술로서 3D 프린팅을 이해하고 그 가능성을 극대화시키기 위해 기술 개발에 있어 어떤 이슈를

고민해야 하는가를 제시하는 연구가 이루어졌다(Despeisse et al.,2017). 절삭 공법과의 비교는 3D 프린팅에 기대되는 친환경적 가능성이 실재하고, 그 크기는 어느 정도인지를 계산하여 합리적인 의사결정을 가능하게 한다는 장점이 있지만, Olson(2013)이 지적했듯 많은 연구들이 제한적인 가정과 특정 사례를 대상으로 하기 때문에 도출된 결과가 일반성을 갖기 힘들다는 한계가 존재한다. 반면 디지털 제조 프레임은 순환 경제라는 사회적 비전을 달성하기 위해 3D 프린팅 기술이 어떻게 기여할 수 있을지를 고민하는 연구의 바탕이 되어 보다 장기적인 관점에서 친환경적 가능성을 판별할 수 있게 해 준다. [표 6]은 이상의 논의를 정리한 것이다.

[표 6] 기술 이해 방식에 따른 관심 주제의 차이

		적층 제조	디지털 제조
기술 이해 방식		적층 vs. 절삭	3D 프린팅 + ICT
관심 주제	경제	제조 비용 절감, 효율성 향상	제품의 플랫폼화
	환경	온실가스 배출, 에너지 사용 감소	폐기물 제로, 순환경제
	경영	기존 제조기술 보완재	비즈니스 모델의 혁신
연구 수행 분야		경영	경영, 디자인, 생산공학
관심 대상		기업	사용자

참조: Gershenfeld N. (2012)

5. 결론

본 연구는 과학기술 선도국가로의 도약을 준비하는 한국 사회에는 기술 수준의 향상 못지 않게 신기술로 인해 초래될 변화에 대한 논의가 활성화되어 기술의 잠재력을 최대한 발현시키는 것이 중요하다는 문제인식 하에 신기술의 사회경제적 영향에 관한 국내 문헌의 종합 분석을 시도했다. 해외 문헌과의 비교 분석을 통해 현재 국내의 논의 수준은 어떠하고, 개선해 나가야 할 부분은 어떤 것이 있는지를 살펴보았다. 구체적 내용 분석을 위해 3D프린팅 기술을 사례로 지정해 연구 범위를 한정했다. 수집한 문헌을 성격에 따라 학술 논문과 민간 보고서로 분류하고, 예측방법과 논의주제 두 가지 측면에서 국내외 사례를 비교, 분석했다.

분석 결과 국내 논의는 수적, 질적 측면 모두에서 공공연구기관의 보고서가 주도하는 양상을 보이고 있었다. 논의 초기 민간 보고서가 해외 사례 소개와 문헌조사에 그친 것과 달리 공공 부문은 양적 분석과 전문가 의견, 비전 등 다양한 예측 방법론을 활용하기 시작했다. 분석주제에 있어서는 3D 프린팅 기술을 기존 제조 공법과의 경쟁관계로 인식하는 기술 이해 방식을 전제로 하는 경우에는 기존 제조업의 구조변화에 관심을 기울이는 반면, 3D 프린팅 기술을 정보통신기술과 보완관계를 형성하는 디지털 제조 패러다임의 한 구성 기술로 인식하는 경우에는 소비 문화의 변화와 3D 도면을 중심으로 하는 생산부터 유통까지 전 단계를 포괄하는 플랫폼의 출현에 주목하는 차이가 나타남을 발견할 수 있었다. 이 같은 결과는 논의 주제의 다양성 확보를 위해서는 다양한 기술 이해방식이 공존해야 할 필요성을 있음을 보여준다.

해외 문헌에서 집중적인 관심을 받고 있는 산업계의 전략 마련 이슈에 대해 국내에서는 공공연구기관이 주도하고 있는 관계로 충분한 논의가 이루어지지 못했다. 다국적 컨설팅 기업이나 우수 경영대학원의 연구 역량을 단시간에 따라 갈 수는 없겠지만 현재 미미한 존재감을 나타내고 있는 국내 민간 연구소와 대학이 함께 참여를 높인다면 공공부문과 함께 시너지를 발휘할 수 있을 것이다.

특히 가장 큰 발전가능성이 기대되는 것은 학술 논문으로 대표되는 대학이다. 국내 학술논문은 많은 문헌이 디자인 분야에서 작성되었고, 공공연구기관과 민간 연구소보다 늦은 시점에 첫 관련 연구가 소개되었다. 3D 프린팅 기술에 대한 디자인 분야의 관심은 정부의 정책기조와 연결되는 측면이 있으며, 학계의 관심이 국가 정책으로 주목 받는 분야에 다소 편향되어 나타나는 것은 기술의 사회적 영향에 대한 연구 저변이 넓지 않음을 시사한다.

해외 학술 논문의 경우 경영학과 공학, 사회학, 경제학, 기술 경영으로 연구자들의 전공이 좀 더 다양하게 분포되어 있었고, 각 분과 특성을 반영한 예측 방법론과 연구 주제로 논의 다양성에 기여하고 있었다. 경영학 논문들의 주요 관심은 신기술에 맞는 비즈니스 모델을 탐색하는 것이었고, 생산공학에서는 3D 프린팅 기술의 사회적, 경제적, 환경적 지속가능성을 개관하고, 순환경제로의 전환에 3D 프린팅이 기여하기 위한 기술 발전 과제를 살펴보는 연구가 이루어졌다. 사회학과 기술경영학에서는 각각 과학 픽션(Science Fiction) 방법과 델파이 기법을 사용해 미래를 예측하는 연구가 수행되었다. 경제학에서는 생산 경제학 모델을 적층 제조 기술의 특성을 반영하도록 수정하여 신기술

채택이 기업의 수익 함수에 미치는 영향과 시장구조에 미치는 영향을 분석하는 연구가 수행되었다. 이를 볼 때, 국내 학술 부문에서도 다양한 학문 분과가 참여한다면 예측 방법론의 개발과 논의 주제 확대에 긍정적인 변화가 있을 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

- Atlantic Council (October 2011). Could 3D Printing Change the World?, *Strategic foresight initiative*
- Berman B. (2012). 3-D printing: The new industrial revolution, *Business Horizons*, 55, 155–162.
- Birtchnell T., & Urry J. (2013). 3D, SF and the future, *Futures*, 50, 25–34.
- Bogers M., Hadar R. & Bilberg A. (2016). Additive manufacturing for consumer–centric business models: Implications for supply chains in consumer goods manufacturing, *Technological Forecasting & Social Change*, 102, 225–239.
- Chen D., Heyer S., Ibbotson S., Salonitis K., Steingrímsson J.G., & Thiede S. (2015). Direct digital manufacturing: definition, evolution, and sustainability implications, *Journal of Cleaner Production*, 107, 615–625.
- Coates J.F. (1998). Technology Assessment as Guidance to Governmental Management of New Technologies in Developing Countries, *Technological Forecasting and Social Change*, 58, 35–46.
- D’Aveni R. (May 2015). The 3D printing revolution, *Harvard Business Review*, 40–48.

- Despeisse M., Baumanns M., Brown P., Charnley F., Ford S. J., Garmulewicz A., Knowles S., Minshall T.H.W., Mortara L., Reed-Tsochas F. P., & Rowley J. (2017). Unlocking value for a circular economy through 3D printing: A research agenda, *Technological Forecasting & Social Change*, 115, 75–84.
- DHL Trend Research (November 2016). 3D printing and the future of supply chains– A DHL perspective on the state of 3D printing and implications for logistics
- Draborg E., Gyrd-Hansen D., Poulsen P.B. & Horder M. (2005). International comparison of the definition and the practical application of health technology assessment, *International Journal of Technology Assessment in Health Care*, 21(1), 89–95.
- Ford S. & Despeisse M. (2016). Additive manufacturing and sustainability: an exploratory study of the advantages and challenges, *Journal of Cleaner Production*, 137, 1573–1587.
- Gao W, Zhang Y., Ramanujan D., Ramani K., Chen Y., Williams C.B., Wang C.L., Shin Y.C., Zhang S. & Zavattieri P.D. (2015). The status, challenges, and future of additive manufacturing in engineering, *Computer-Aided Design*, 69, 65–89.
- Gershenfeld N. (Nov/Dec2012). How to make almost anything–The Digital Fabrication revolution, *Foreign Affairs*, 91(6), 43–57.

- Holweg M. (June 2015). The Limits of 3D Printing, *Harvard Business Review*
- Huang S.H., Liu P., Mokasdar A. & Hou L. (2013). Additive manufacturing and its societal impact: a literature review, *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 67, 1191–1203.
- Jiang R., Kleer R., & Piller F. P. (2017). Predicting the future of additive manufacturing: A Delphi study on economic and societal implications of 3D printing for 2030, *Technological Forecasting & Social Change*.
- Kietzmann J., Pitt L., & Berthon P. (2015). Disruptions, decisions, and destinations: Enter the age of 3-D printing and additive manufacturing, *Business Horizons*, 58, 209–215.
- Kwon H., Kim J. & Park Y (2017). Applying LSA text mining technique in envisioning social impacts of emerging technologies: The case of drone technology, *Technovation*
- McDowall W. & Eames M. (2006). Forecasts, scenarios, visions, backcasts and roadmaps to the hydrogen economy: A review of the hydrogen futures literature, *Energy Policy*, 34, 1236–1250.
- McKinsey Global Institute (2013). Disruptive technologies: Advances that will transform life, business, and the global economy
- McKinsey Quarterly (January 2014). 3-D printing takes shape
- McKinsey Quarterly (February 2015). Are you ready for 3-D printing?

- Niaki M. K. & Nonino F. (2017). Additive manufacturing management: a review and future research agenda, *International Journal of Production Research*, 55(5), 1419–1439.
- Olson R.(2013). 3D printing: A boon or a bane?, *The environmental forum*, 30(6), 34–38.
- Porter A. L. (1995). Technology Assessment, *Impact Assessment*, 13, 135–151.
- Rayna T. & Striukova L., (2016). From rapid prototyping to home fabrication: How 3D printing is changing business model innovation, *Technological Forecasting & Social Change*, 102, 214–224.
- Tran T. A., & Daim T. (2008). A taxonomic review of methods and tools applied in technology assessment, *Technological Forecasting & Social Change*, 75, 1396–1405.
- Weller C., Kleer R. & Piller F. T. (2015). Economic implications of 3D printing: Market structure models in light of additive manufacturing revisited, *International Journal of Production Economics*, 164, 43–56.
- 과학기술정책연구원(2015). 신기술 발전에 따른 산업 지형의 변화 전망과 대응 전략
- 권성훈 (2014). 기술영향평가제도의 현황과 개선과제, 국회입법조사처 현안 보고서 제 232호.
- 김성익, 오창섭(2014). 3D 프린팅이 디자인 비즈니스에 미치는 영향에 관한

- 연구, *한국디자인문화학회지*, 20(4).
- 김현창(2015). 3D 프린팅이 사회·경제에 미치는 영향에 관한 연구, *Journal of Digital Convergence*
- 미래창조과학부(2013). 2013년도 기술영향평가
- 박민우(2013). 3D 프린터 산업은 제조업 혁명의 구세주가 될 것인가?, KT경제경영연구소
- 박현욱, 이종호(2016). 창조경제의 신산업 발전전략 모색을 통한 3D 프린팅 산업의 발전방안에 관한 연구, *커뮤니케이션 디자인학연구*, 56(0).
- 박희제(2007). 사회영향평가에 대한 정치사회학적 이해: 민주주의 이론과 기술영향평가의 정치사회학적 함의, *사회 이론*, 2007 가을 / 겨울
- 산업연구원(2016). 3D프린팅이 주요 산업에 미치는 영향과 대응 방안
- 서지영 (2015). ‘책임 있는 연구와 혁신’ 을 위한 기술영향평가 개선방안. STEPI Insight, (157), 1-33.
- 손준우 (2013). 정보 사회에 있어 재귀적 지식의 생산에 관한 연구: ‘빅 데이터’ 프레임과 한국 IT 정책지식 재구성 사례를 중심으로, 서울대학교 사회학 석사학위논문.
- 송위진, 성지은, 김연철, 황혜란, 정재용 (2006), 탈추격형 기술혁신체제의 모색, 과학기술정책연구원
- 유지연, 한민규, 임현, 안병민, 황기하 (2010). 한국의 기술영향평가, 현황과 과제. *기술혁신학회지*, 13(4), 617-637.
- 이광호(2014). “제품디자인에 있어서 디지털 직접제조의 창조적 활용”, *기*

- 초조형학연구, 15(2).
- 이대호(2013). 디지털제조 이해와 정책방향, 정보통신정책연구원
- 이영희 (2004). 나노기술을 둘러싼 사회적 쟁점 연구. 과학기술학연구, 4(1), 59-82
- 임현, 유지연 (2007). 한국형 기술영향평가의 새로운 방향성 정립 및 정책 활용도 제고 방안, KISTEP Issue paper 2007-01.
- 한국산업기술평가관리원(2013). 3D 프린팅 제조혁명에 대한 한국 금속산업의 대응전략, KEIT PD Issue Report, 13-6,
- 전북테크노파크(2015). 3D프린팅 기술응용과 전북산업 발전방안
- 조종학(2015). 3D 프린터가 영상 산업에 미치는 영향분석, 한국디자인문화학회지, 21(2)
- 조은정, 이훈혜(2014). 제조업 공정혁신의 기폭제 3D 프린팅 산업, 산업연구원, 산업창조화 시리즈
- 한국디자인진흥원(2013). 3D 프린팅은 어떻게 소비 문화를 바꾸는가
- 한국해양수산개발원(2014). 3D 프린팅 기술혁신과 해운·항만물류분야 대응방향
- Deloitte-anjin-review(2014). 3D 프린팅 산업과 기업의 대응전략.
- LG 경제연구원 (2013). “3D 프린팅, 제조업의 개념을 바꾼다”, LGERI.
- LG 경제연구원 (2013). “3D 프린팅, 개인 생산 시대를 연다”, LGERI.
- KT 경제경영연구소 (2012). ICT와 3D 프린팅에 의한 제3차 산업혁명.

Abstract

Korea, which has been trying to improve its stance from fast follower to first mover, needs to develop its capacity to assess socio-economic impacts of emerging technology and decide on which path to follow to make the best use of new technology. This study analyzes Korean literatures regarding the socio-economic impacts of new technology and compares them with the international literatures to understand the current level of related discussion. 3D printing which is expected to usher in a 'third industrial revolution' is chosen as the subject of analysis. Literatures are classified into academic papers and reports written by public and private agents and analyzed in terms of forecasting methods and topics of research. It is revealed that public agents lead domestic discussion and contribute to the advancement in forecasting methods the most. While international academic papers play a major role in developing new forecasting methods and expanding the scope of analysis, domestic academic fields pay little attention to that. Domestic private sector is also limited to the role of introducing the new technology in an early phase, but it can be extended into drawing up detailed business strategies concerning new technology which is the main interests of international

literatures. In sum, if Korean academic and private sectors are more engaged with the related studies, social discussion on the socio-economic impacts of new technology will be much more proliferated and in the end, it will be the basis for Korea to become a first mover.

Keywords: Socio-economic impact of emerging technology, literature review, Technology Assessment, Forecasting methodology.

Student Number: 2015-21200